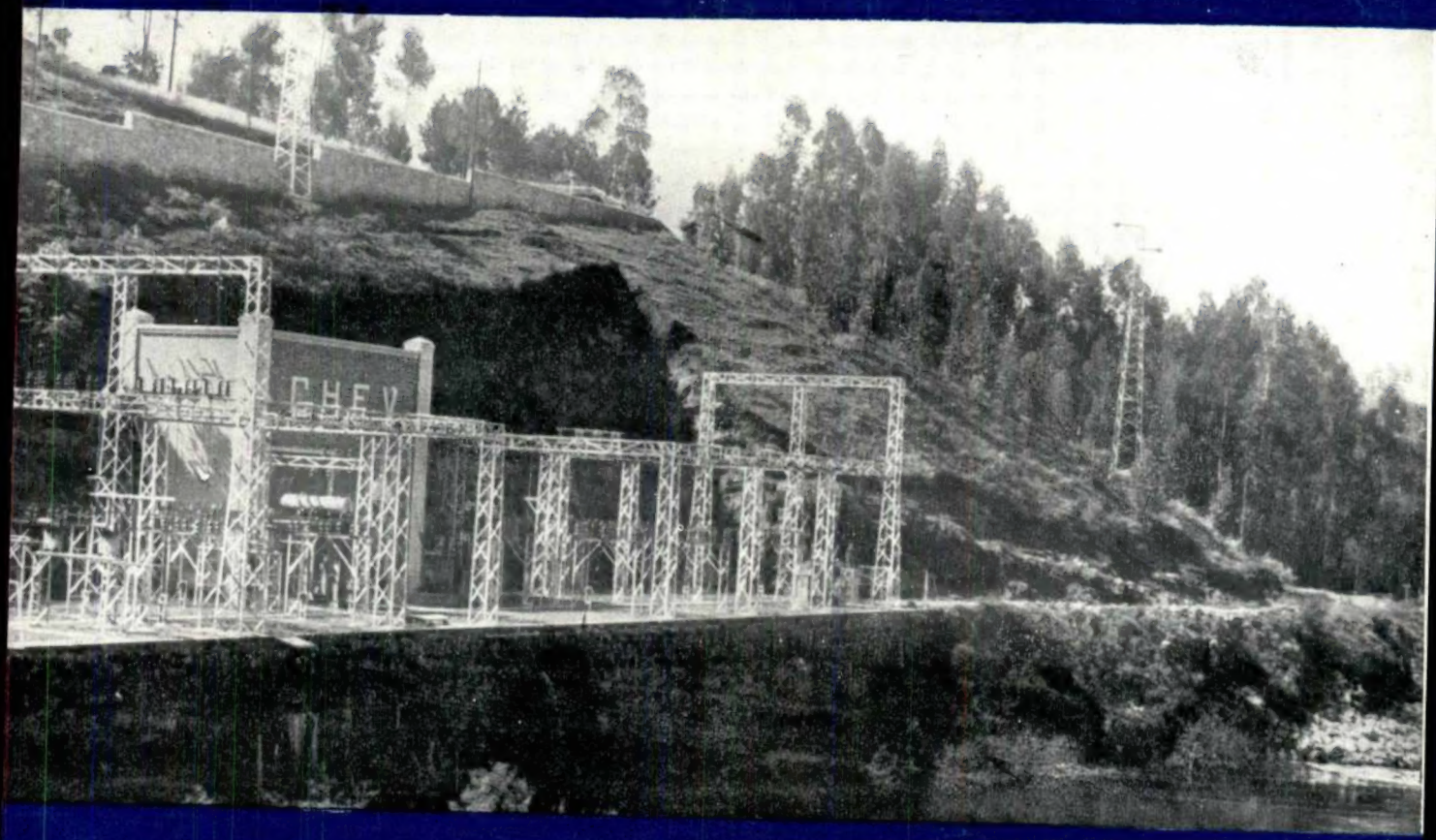
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 111 – Maio – 1940

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 2091 — 2 2092 — 2 2093 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
111
Maio—1940

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
MANUEL DUARTE GASPAR
ADMINISTRADOR
CARLOS KRUS ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
NUNO ABRANTES
CORPO REDACTORIAL
SEBASTIÃO MURTEIRA
FRANCISCO MARQUES MAIA
VASCO MENDES DE SOUSA

NÚMERO AVULSO..... 5$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro.....	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Pôsto de Transformação de Caniços, da Companhia Hidro-Eléctrica do Varoza. 8.300 kVA — 60/15 kV.

		Págs
Os aqueductos que abastecem Lisboa	Eng. Civil I. S. T. João Carlos Alves	729
Dos métodos de medida de potência e energia eléctrica activa e reactiva	Eng. Electrotécnico I. S. T. Benjamim da Conceição Mendonça	737
Cálculo duma caldeira de vapor	José Faria da Fonseca Santos	752
Do Mundo Técnico		766
Notas Bibliográficas		769
Publicações recebidas		769

Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA
Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS

OFICINAS E LABORATÓRIOS
DO
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

— Uma —
Impermeabilização
perfeita
obtem-se com

SIKA

nas construções urbanas, industriais
e obras hidráulicas

SUPRIME HUMIDADES
EVITA INFILTRAÇÕES

FABRICANTES:
KASPAR WINKLER & C.º
Zürich — Altstetten (Suissa)

AGENTE-DEPOSITÁRIO EM PORTUGAL:
CARLOS ABREU BAPTISTA
Rua da Emenda, 111, 1.º—LISBOA
Telefone 26902

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda—LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Standard Electrica

RECTIFICADORES DE SELÉNIO

Rectificadores secos de tôdas as voltagens e amperagens, para tôdas as aplicações. São anti-parasitários e de duração ilimitada. Absolutamente silenciosos, não têm partes móveis e não carecem de qualquer assistência. Ocupam um espaço muito reduzido sendo a sua eficiência superior à dos outros tipos de rectificadores existentes.

PEDIDOS E ESCLARECIMENTOS A:

STANDARD ELECTRICA
PRAÇA DOS RESTAURADORES, 47, 1.º—LISBOA

União Eléctrica Portugueza, S. A.

SEDE SOCIAL

Rua Duque de Loulé, 240 — PORTO

CAPITAL { Acções..... 40:000 contos
Obrigações 30:500 contos

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { Hidráulica..... 40:000 HP
Térmica..... 20:000 HP

Potência já contratada 20:000 HP
Potência disponível... 22:000 HP

Extensão total das linhas em exploração: 1:000 quilómetros

A **U. E. P.** tem as melhores tarifas e concede as maiores facilidades para electrificação de fábricas e para abastecimento de rêdes de distribuïção nos Distritos de: **Viana do Castelo, Braga, Pôrto, Aveiro, Coimbra, Vizeu e Leiria.**

Consultai a U. E. P.

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.

Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

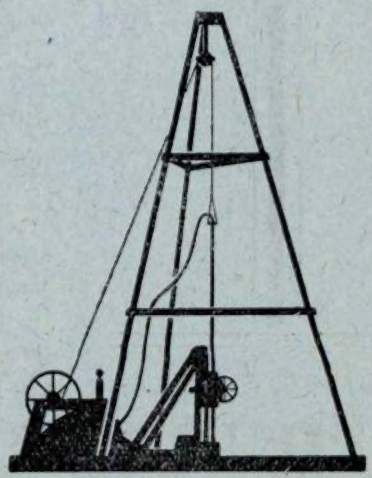
COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA

MANUEL DUARTE GASPAR

DIRECTOR

ANO XV - N.º 111 MAIO 1940

Os aquedutos que abastecem Lisboa

(Águas Livres, Alviela e Tejo)

PELO ENG. CIVIL I. S. T. JOÃO CARLOS ALVES

São três os grandes aquedutos que trazem água para Lisboa: Águas Livres, Alviela e Tejo, obras dos séculos XVIII, XIX e actual. O primeiro é da época de D. João V, o segundo foi feito pela Companhia das Águas e o terceiro é obra do actual Govêrno. O aqueduto do Tejo espera que o consumo da cidade aumente para entrar com regularidade em serviço, para o que está apto desde há dois anos. A capacidade de transporte dos três aquedutos pode computar-se em cêrca de 450.000 metros cúbicos por dia, ou 450 litros, quando a população da capital suba para um milhão de moradores (1975-1980).

Antes de nos abeirarmos da matéria que vamos tratar, convém rememorar ao de leve o que era o abastecimento antes da erecção do aqueduto geral, nome por que era conhecido e designado o aqueduto das Águas Livres.

Poucos documentos existem do que havia. As crónicas faltam, os escritos não abundam e muitas fontes de investigação perderam-se. Parece que o grande terramoto foi o culpado de tal míngua.

Lisboa sofreu muito e durante séculos a falta de água, e isto ficou na tradição; por isso o povo a guardou na memória até por que aquela falta se fêz cruelmente lembrada de tempos a tempos.

Lisboa, cidade nada e formada à beira do Tejo, não podia, como tantas outras, tomar as águas do rio, por serem de mar. Teve de contentar-se com as das fontes que brotavam no sopé do monte do Castelo, ou as que eram recolhidas das moradas e eirados da cidade em cisternas. A cidade cresceu e desceu pelas vertentes até às ribeiras e regatos que talavam a região oriental de Lisboa e dêles tomava como achêga a água que corria.

Mais tarde vieram os poços a completar o rudimentar sistema de abastecimento, que então era conforme às exigências e necessidades da população incipiente.

Os romanos que nunca se pouparam a sacrifícios e trabalhos para buscar água onde ela se achasse, poucos vestígios de monta nos legaram. A obra monumental que melhor os assinala é o aqueduto de Sertório, em Évora, ainda hoje em serviço. Em Lisboa e subúrbios aqueles vestígios não são tão patentes; nalgumas ruas da Baixa observaram-se galerias abobadadas e no caminho do aqueduto das Águas Livres, na Rascoeira, Almarjão e na antiga povoação da Porcalhota (hoje Amadora),

restos de um antigo cano ou aqueduto que parece se dirigia para Lisboa, ou pelo menos para qualquer povoação importante do seu têrmo. A acção do tempo e dos homens quási nada deixou de pé, parecendo natural que na edificação do aqueduto das Águas Livres muito se tivesse derribado, porquanto no dizer de Turriano [1] um dos caminhos a seguir no traçado daquele aqueduto era o dos romanos (o quarto dos que citava).

Também o confirma o geólogo Carlos Ribeiro pela lembrança que dá de ter encontrado restos de alvenaria e tejolo de fábrica romana (parêdes e canos), semeados paralelamente ao aqueduto das Águas Livres.

Quando Lisboa foi conquistada por D. Afonso Henriques ao domínio árabe, era já tida por cidade rica e florescente, povoada nas encostas do Castelo e nas margens ribeirinhas. Foi porém aumentando com lentidão por desfavor das pestes, terramotos e guerras que a assolaram na idade média. Os maiores mananciais de que dispunha a cidade eram, como ainda o são hoje, os das chamadas nascentes orientais que brotam entre o cais de Santarém e o Jardim do Tabaco (chafarizes de El-Rei, de Dentro, Praia, Alcaçarias e Tanque das Lavadeiras de Alfama).

Veio a época das descobertas; a cidade engrandece-se, explende, e reconhece-se então quanto era indispensável prover de água a povoação e as armadas da Índia. Pensa-se em encanar a água até à Ribeira para minorar a esforçada tarefa da aguada às naus, — que povoam e ilustram os panoramas de Lisboa antiga, nos quais se enxerga sempre o mar, como figurando a maior beleza da cidade, ao mesmo tempo que revela o sentido tradicional da epopeia marítima dos portugueses.

D. Manuel I concebeu a idea de trazer água para Lisboa de fora dela, mas não lhe deu propósito. D. João III renova a idea, acalenta a iniciativa que por fim esmorece.

Estava reservado a Felipe II, rei de Espanha, o primeiro grande passo andado para debelar o flagelo da sêde que atormentava a cidade, encarregando o arquitecto Leonardo Turriano de fazer o risco do provimento de água a Lisboa.

Desempenhou-se aquele arquitecto do propósito do rei estudando os mananciais de Sintra e Água Livre (Carenque), medindo-os e traçando os caminhos que deviam trazer aquelas águas até à cidade.

A enorme despesa que tal obra acarretava para o erário da cidade e a penúria de meios para a cobrir fracassaram o empenho real e os anseios dos moradores.

Só um século depois D. João V mandou que a obra se fizesse por conta da cidade, aceitando a proposta do procurador de Lisboa, Cláudio Gorgel do Amaral, para o que criou um imposto, por aviso de 28 de Novembro de 1729, sôbre alguns géneros de consumo (vinho, carne, azeite, sal e palha).

O Aqueduto das Águas Livres

O alvará régio de 12 de Maio de 1731, dando satisfação e remédio às apoquentações dos habitadores da cidade, resolvia «in actu» o tormentoso problema da falta de água. Formaram-se logo sociedades de pedreiros que de empreitada tomaram as obras, cujos projectos foram ideados pelo brigadeiro Manuel da Maia e sargento-mór Custódio Vieira, cabendo ao primeiro o trôço desde a nascente da Água Livre (Vale de Carenque, Queluz) até ao alto das Três Cruzes (monte da Sarafina, Serra do Monsanto), e daí até Lisboa ao segundo. O traçado geral parece ter sido o que delineou Turriano, que foi havido por clássico.

A nascente da Água Livre promana de uma falha geológica nos calcáreos cretácicos, e dá no estio cêrca de 300 metros cúbicos por dia, menos do que a vista calculava para o tempo em que a água rareava na cidade.

Era esta fonte o sonho doirado de quantas gerações que a julgavam bastante para livrar da sêde a povoação de Lisboa!

A nascente da Água Livre está abrigada por uma modesta claraboia que é conhecida

---

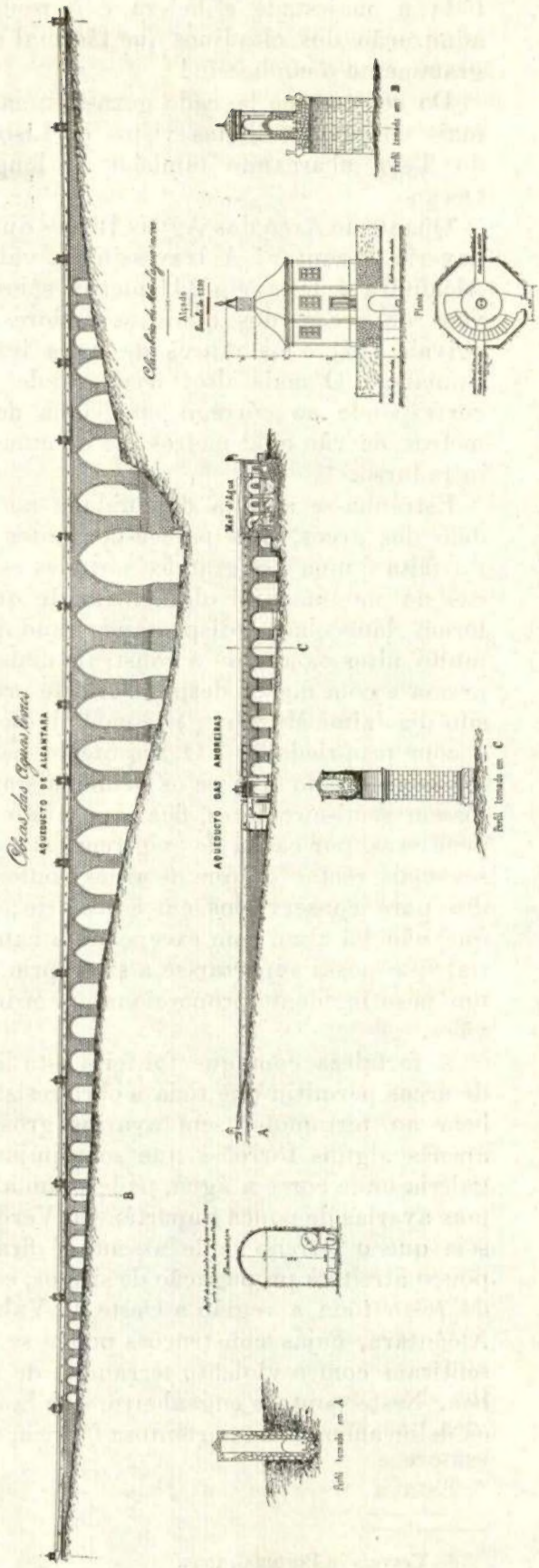
[1] Leonardo Turriano, arquiteto ou mestre de obras de Felipe III, de Castela.

pela Mãi de Água Velha, por ser a origem do primitivo aqueduto ao qual deu o nome.

Mas antes de entrarmos na descrição sumária de tôda a grande fábrica Joanina, digamos desde já que em menos de vinte anos (exactamente em 1748) entraram na cidade as primeiras águas do aqueduto geral das Águas Livres, se bem que só quási um século depois (1835) findaram, pròpriamente, tôdas as obras de acabamento e outras subsidiárias.

* * *

Até à Mãi de Água das Amoreiras, majestoso depósito que fica logo do lado do Norte do antigo Largo do Rato (hoje praça do Brasil), mede o grande Aqueduto 14.256 metros. Começa a desenvolver-se por um dos flancos do Vale do Carenque, encostando-se depois ao outeiro de S. Braz para os lados da antiga povoação da Porcalhota, que finalmente atravessa em direitura até Adamaia, passando depois pelo Calhariz (de Benfica), S. Domingos de Benfica até à eminência das Três Cruzes donde emerge, altivo e arrojado, no salto em arcaria da ribeira do Vale de Alcântara, a obra mais importante de tôda a grande emprêsa, até entestar no Alto de Campolide; depois segue pelo Carvalhão aos Terramotos, terras da antiga Casa da Anadia, cortando a antiga Rua de S. João dos Bem Casados e a Rua das Amoreiras que salva em belo arco dórico, o qual serve de comêço à arcaria formosa e simples do Largo das Amoreiras, e vai finar-se na Casa de Água do mesmo nome, onde despeja em catarata as águas que transporta. Tem esta bacia as medidas de 28,60 metros de comprido, 24,40 metros de largura e 8 metros de fundo, ou seja a capacidade de 5.500 metros cúbicos aproximadamente. A abóbada da cúpula que a cobre é sustentada por quatro grossos pilares quadrados de 2,30 metros de lado, que emergem da soleira do fundo. A bela traça e fábrica de cantaria impõem êste edifício como único na espécie e o melhor de Lisboa. E pena é que o afrontamento do palácio que demora logo a sul, e que domina o Largo do Rato, lhe tire



tôda a majestade e beleza e o roube à admiração dos citadinos que tão mal e ingratamente o conhecem!

Do seu terraço lageado goza-se uma das mais variadas e lindas vistas de Lisboa e do Tejo, abarcando também ao longe o Oceano.

Quanto ao Arco das Águas Livres quanto haveria a contar! A travessia do vale de Alcântara é feita em 941 metros sôbre 35 vãos de arcos, dos quais os maiores são ogivais (14) e os outros de volta inteira (romanos). O mais alto (arco grande) que corresponde ao córrego tem cêrca de 32 metros de vão e 62 metros até ao cume do intradorso.

Estranha-se a falta de unidade no modêlo dos arcos, mas parece-nos antes que tal falta é uma das grandes virtudes estéticas da monumental obra, além de que a forma lanceolada, dispensando andaimes muito altos os ajudou a construir mais depressa e com menos despesa. A êste propósito diz Jaime Murphy [1] de modo judicioso e com propriedade: «O arquitecto parece ter considerado que se os principais arcos fôssem semi-circulares, ficariam muito dispendiosos, por causa de exigirem extradorsos mais rectos do que os arcos ponteagudos para conservá-los em equilíbrio; pois que não há arco, com excepção da catenária, que possa suportar-se a si próprio sem um pêso incidente proporcional à corda do vão».

A fortaleza com que foi feita esta linha de arcos permitiu que tôda a obra resistisse bem ao terramoto, sem avarias grossas; apenas alguns torreões que sobrepujam a galeria onde corre a água, padeceram algumas avarias de pouca importância. Verdade seja que o terreno onde assenta é firme e pouco atreito à propagação de sismos, como de resto tôda a região a Oeste do Vale de Alcântara, cujas construções pouco se ressentiram com o violento terramoto de Lisboa. Neste ponto o engenheiro, que lançou os delineamentos da portentosa fábrica, teve a intuïção do melhor local e bem assim do melhor terreno para os alicerces dos pegões.

A experiência natural a que foi sujeita a obra foi a melhor comprovação da sua estabilidade real; ou não fôsse ela mandada erigir por D. João V, o arquitecto místico do sumptuoso Convento dos freires arrábidos de Mafra!

Ocorre preguntar por que foram postos de banda os sifões (canos de «repuxo» como se dizia) na travessia de vales e quebradas do terreno, apesar de Turriano os recomendar por serem menos dispendiosos e fáceis de fazer. No salto do Vale de Alcântara a coisa era difícil para a época, por não haver materiais capazes de resistir a pressão tão considerável (7 quilos por cm^2); mas em outros afundamentos de terreno (nos vales secundários da Adamaia, Carvalhão, etc.) o problema não oferecia dificuldades de respeito. Certamente o espírito do monarca, comprazendo-se com a ostentação e a riqueza das suas obras, assim o impuzera aos mestres da construção; mesmo porque Mafra acabava de fazer-se e deixara no pensamento dos artífices da arte de pedreiro e também do povo o gôsto da sumptuosidade e da grandeza régia, que tão fortemente havia de marcar aquela época, talvez perdulária, mas incontestàvelmente grande e magnífica. Sem aquele fausto de pedra lavrada não teríamos que admirar três dos melhores monumentos do mundo, na espécie, forma e alcance, não falando na arte munificente que os inspirou e os fêz erguer. Assim ficaram; e são hoje, e ainda mais àmanhã o orgulho das nossas gerações.

Bem haja aquele reinado!

Contudo por sua e nossa desgraça o Arco das Águas Livres de tão grande nomeada dentro e fora do País, tem mais fama que proveito para os que poderiam admirá-lo mais de perto. De Lisboa mal se enxêrga a não ser quem suba o vale de Alcântara ou dos dois lados das encostas, Serra do Monsanto, Terramotos e Campolide. E não há caminho direito que lá conduza, a não ser os que servem os bairros que para ali nasceram, primeiro sem rei nem roque, depois bem alinhados segundo os preceitos da urbanização camarária, o que tudo en-

---

[1] Travels in Portugal, 1795.

sombra e esmorece a majestade da grande arcaria e o pitoresco do lugar onde ela se levanta.

Nem tudo é mau neste mundo, e assim é que com a abertura da grande estrada da Pimenteira (auto-estrada), que nasce no alto da Avenida (Rotunda), poderemos contemplar o grande Aqueduto com tempo e gôsto, e não fugidiamente como sucede a quem passa de combóio na estação do caminho de ferro de Campolide.

Mas, tornando ao aqueduto, a galeria geral tem a altura de $2^m,88$ contada do lagedo ao fecho da abóbada e a largura de $1^m,36$ entre os encontros.

A banqueta de passeio para caminhantes e serviço do pessoal, tem $0^m,66$ e anda a meio do aqueduto, correndo aos lados as águas em caleiras de fundo circular, feitas de cantarias, com o diâmetro de $0^m,33$.

A parte de fora do aqueduto, nos troços em que caminha a cavaleiro das terras, é forrada de cantaria até ao nível dos bordos das caleiras.

Mais tarde foi a origem primitiva do aqueduto (fonte de Água Livre) acrescentada para montante até ao chamado Olival do Santíssimo (Caneças), e ficou todo êle com 18.605 metros de comprido. Depois outros ramais e aquedutos tributários se lhe juntaram e tudo ficou com 48.036 metros. Contando ainda com as galerias de distribuïção na cidade, que medem 11.802 metros, a rêde completa desta extraordinária obra dá cêrca de 60 quilómetros! Tanto os aquedutos afluentes como os canos da cidade são visitáveis, e isto põe-nos ao espírito a medida da grandeza e mostra a preocupação de bem conservar as galerias e os encanamentos da Real Obra do Aqueduto [1].

Origens das Águas Livres. Estas águas provêm de quatro origens hidrográficas principais:

a) Ribeira da Água Livre, a primeira que baptisou com êste nome tôda a obra.

Planta do aqueduto das Águas Livres
e Malha das Francezas, e seus ramais, e das galerias dentro da cidade

(1) Tem ainda o Aqueduto Geral 137 clarabóias, algumas de vastas dimensões e grande beleza. Em quási todo o comprimento é edificado à flor do chão: o resto em tuneis que têm 4650 metros, ou a cavaleiro sôbre arcadas com 109 vãos de arco de vários tamanhos.

b) Bacia de Caneças, alargamento para o Norte daquela captação.

c) Águas dos vales da ribeira de Vale de Lobos e do Castanheiro (aqueduto da Mata e do Brouco).

d) Terrenos das vizinhanças das povoações de Belas e Sabugo, abrangendo a bacia anterior e mais a da ribeira de Carenque.

Estas águas brotam ou são captadas quási tôdas nas formações do cretácico, que predominam na região a Oeste e Noroeste de Lisboa.

Sob o ponto de vista geológico, segundo Paulo Choffat, as proveniências, por ordem topográfica do Nascente para o Poente são:

1) Nascentes colhidas no lençol basáltico das cercanias da Porcalhota (região da Amadora).

2) Nascentes captadas no Vale de Carenque e seus afluentes que pertencem ao cretácico.

3) Águas exploradas em galerias profundas abertas nos vales de Brouco e Figueira que são também cretácicos, mas em que predomina o grés.

4) Águas da Mata que promanam de largas fendas no terreno calcáreo-marnoso, que é recoberto pelo grés.

5) Captações em galeria profunda no Vale de Lobos, na maior parte nos grés e o resto nos calcáreos sôbre que aqueles assentam.

É evidente que as águas captadas nos terrenos de grés, sofrendo uma certa filtração natural, são menos inquináveis que as que brotam dos terrenos calcáreos, pela própria contextura dêstes terrenos e se apresentarem bastante fendidos.

As águas dos terrenos basálticos, cujas formações se apresentam muito irregularmente alternadas (tufo basáltico, basalto compacto e marnes avermelhados) e de possança muito variável, são atreitas a poluirem-se e por isso podem assemelhar-se às do calcáreo dos grupos atrás citados. Todavia êstes terrenos oferecem condições favoráveis para pesquisa de águas, pois estas são retidas pelas formações marnosas intercalares, ou pelas camadas superiores do Cretácico; por isso são numerosas as fontes e as nascentes nas terras de basalto, que brotam por exemplo nas faldas da Serra de Monsanto.

Tributários do Aqueduto Geral (Águas livres e galerias da cidade)

Afluem ao Aqueduto muitos aquedutos, quási todos construídos depois da obra principal, dos quais citamos, segundo os nomes característicos que têm, os mais importantes: Olival do Santíssimo, Aqueduto da Bomba, de Vale de Moura, Carvalheiras, Salgueiro, Ex-Marianos ou da Zibreira, Cambra, Quintã, Fonte Santa, onde entronca o aqueduto da Mata, Almarjão, Marianos, Rascoeira, S. Braz, Galegas, Outeiro ou Adamaia e Buraca ou das Francesas.

A êstes se ligam numerosos outros aquedutos auxiliares ou ramais, além de várias nascentes de particulares dos quais nomeamos a título de curiosidade as Freiras da Estrêla, Academia Real das Ciências, Casa Real, Conde Pôrto Côvo, Duque de Palmela, Conde de Farrôbo, Visconde de Loures, etc.

Os caudais daqueles afluentes são muito diferentes entre si e muito variáveis de inverno para o estio e de ano para ano. Do inverno para o verão as dimínuïções de volume chegam a nove décimos nalgumas nascentes.

Nos estios sêcos as águas baixam por vezes a metade dos estios regulares.

Os aquedutos subsidiários da Mata e do Brouco, construído pela primeira Companhia das Águas, são dos que fornecem mais água ao Aqueduto, cêrca de um quarto da produção geral, que no inverno chega a subir muito além de 40.000 metros cúbicos e no estio mingua para 4.000, e mesmo abaixo de 2.000 metros cúbicos em anos de grande seca.

Ao mesmo tempo que prosseguiam as obras do grande Aqueduto e suas ramificações, construíram-se na cidade as galerias de distribuïção aos chafarizes da cidade erigidos nos bairros mais populosos.

A galeria do Campo de Sant'Ana afasta-se do Aqueduto na Quinta dos Condes da Anadia e segue pela Cruz das Almas, antigas terras do Seabra, Matadouro, Gomes Freire até ao Campo de Sant'Ana. Aqui

projectava-se construir um chafariz monumental, para o que se chegaram a fazer as estátuas alegóricas, que hoje figuram nos canteiros da Avenida da Liberdade, entre a Rua das Prêtas e o Largo da Anunciada, e são conhecidas pelo Tejo e Douro.

Aquêle encanamento abastecia os chafarizes da Cruz do Tabuado (Conselheiro Monteverde), Campo de Sant'Ana e pelos seus ramais os do Intendente, Rêgo, Campo Pequeno, Campo Grande e Destêrro e mais alguns edifícios públicos como o Palácio do Bemposta (Escola Militar), Asilo da Mendicidade, Hospital de Rilhafoles, S José, etc.

A galeria das Necessidades rompe do Aqueduto próximo do actual reservatório de Campo de Ourique (antigas terras da Casa da Anadia) em direcção à Boa Morte, até às Janelas Verdes onde termina no belo chafariz que fica ao meio do Largo (ao presente, Dr. José de Figueiredo). No seu percurso deita ramais para a Estrêla, Necessidades e Cova da Moura e abastecia os chafarizes de Campo de Ourique, Estrêla, chafariz das Terras e Alcântara (Praça de Armas) e vários quartéis de Infantaria (antigos 16 e 7), Guarda Municipal, Passeio da Estrêla, Hospital Militar, Palácio das Necessidades, Academia das Ciências e vários particulares.

A linha da Esperança vai do Depósito das Amoreiras, da chamada casa do registo que àquêle se encosta, e corre pela vertente Ocidental do vale de S. Bento (paralelamente à rua dêste nome). Corta em arco a Rua do Arco a S. Mamede e mais abaixo aparecia, na travessia da Rua de S. Bento, fronteiro ao Palácio das Côrtes, em arco de boa traça que foi recentemente demolido para não ofuscar, parece, o edifício do Congresso (Assembleia Nacional). Abastecia os chafarizes do Arco, Esperança e Cais do Tôjo e a Casa da Moeda e a Abegoaria Municipal.

A galeria do Loreto parte também da Mãi de Água das Amoreiras, passa pelo Rato, seguindo depois quási paralelamente à linha da Esperança até ao Príncipe Real (Rio de Janeiro), S. Pedro de Alcântara, S. Roque até ao Tesouro Velho (S. Carlos) onde acaba.

No princípio da Rua D. Pedro V, aparta-se uma galeria que abastecia o chafariz da Cotovia e opostamente uma outra para chafariz da Rua Formosa (hoje do «Século»). Os chafarizes do Carmo e da Rua António Maria Cardoso ligavam-se a esta galeria por dois ramais que partiam do largo da Trindade.

Outros chafarizes eram alimentados pela linha do Loreto, entre os quais o do Largo de S. Paulo, além do antigo Passeio Público, Jardim de S. Pedro de Alcântara e vários edifícios públicos, como o da Imprensa Nacional, Academia das Ciências, Misericórdia e Quartel do Carmo.

Muitas casas nobres e burguesas de Lisboa, além dos mais importantes edifícios do Estado, recebiam água destas galerias por encanamentos próprios, em quantidade segundo os volumes das suas nascentes cujas águas eram metidas no Aqueduto e seus tributários ([1]).

A água para o público ou era tirada dos chafarizes pela gente do povo, ou pela criadagem ou servos das pessoas de teres, ou então levada pelos aguadeiros (galegos) que a vendiam a barril. Em 1856 havia 89 companhias de aguadeiros com cêrca de 3000 homens, dirigidos por capatazes responsáveis, distribuídos por 26 chafarizes, 2 bicas e 1 pôço (Pôço do Borratém). Cada barril de água (25[l]) custava um vintém o que equivalia a oito tostões o metro cúbico, o que era um preço muito elevado para o tempo.

Os aguadeiros tinham por obrigação acudir aos fogos, carregando a água para as bombas, levando-a quer dos chafarizes quer do mar, quando os incêndios irrompiam perto dêle. Havia um inspector dos incên-

---

([1]) — No Regulamento para as introduções das águas particulares nos aquedutos do Município, dizia-se que os introdutores cediam a quarta parte da água metida nos aquedutos segundo as medidas feitas nos meses de Julho a Outubro, regulando a menor medição para os efeitos do cumprimento das disposições municipais. Se o caudal das nascentes viesse a diminuir, a Câmara ficava sempre com direito ao quarto e o introdutor suportava a diferença. A unidade de medição era a pena de água. (3,360 metros cúbicos nas 24 horas ou 140 litros por hora).

dios que dirigia o serviço de apagar os fogos e cuidava da disciplina e regulamentação das companhias de aguadeiros.

* * *

As águas encanadas pelo Aqueduto são de regular mineralização, em média $0^{g},330$ de resíduo fixo por litro, o que se explica pela natureza dos terrenos donde provêm.

Como as captações são quási tôdas muito superficiais, as águas turvam quando chove copiosamente, o que obriga a deitá-las fora, antes de entrarem na distribuïção da cidade.

Estas águas como chegam a Lisboa à altitude de 94^{m} (reservatório das Amoreiras) podem ser repartidas pela parte baixa e média da cidade (zonas) sem elevação, o que não acontece às águas transportadas pelos aquedutos do Alviela e do Tejo, que têm de ser levantadas por meio de bombas e condutas elevadoras para os reservatórios de distribuïção, o que muito acrescenta os encargos da exploração.

* * *

Tal é a largos passos a obra do Aqueduto das Águas Livres, cujo valor se poderia computar em mais de 600.000 contos, se ao presente a tivéssemos de fazer tal qual é. Tão enorme despesa, ainda que feita à custa da população de Lisboa, não valia o produto de água que o Aqueduto oferecia ao bem e utilidade do público no verão; mas foi o grande remédio para o tempo e satisfez em mais de meio século as aspirações do povo da capital, que vivia oprimido e desgostoso com a penúria de água, tão dura e por vezes cruelmente sentida desde remotas idades. Foi um grande bem e um grande alívio a vinda da água, êsse dom verdadeiramente divino, para acudir às necessidades do consumo de então, embora os tempos vindouros não fôssem acautelados como o seriam hoje, neste século das luzes, em que as vistas do tempo e a amplidão das ideias deitam mais para o futuro que para o presente.

A-pesar-de tudo a obra das Águas Livres será sempre um monumento de grande admiração que honra e louva os que a conceberam, quem a mandou fazer e os que a realizaram.

De tôda a obra a parte que mais se realça e se ilustra, por sua altaneria e vigorosa fábrica, é sem dúvida os chamados Arcos das Águas Livres, erguidos às portas de Lisboa e por isso o seu mais famoso marmorial que a eterniza aos olhos de todos, tal como ainda se mostra [1].

E damos por findo o panegírico de tão importante assunto, para conhecimento dos que tinham algum interêsse em rememorar as obras de um passado não muito longínquo, que tem relação com uma época tão malsinada de injustiças e falsidades, que ainda hoje persistem à volta do rei Magnânimo a cuja lembrança se deve ligar acima de tudo, não só as artes, como também as letras e ainda as matemáticas; o que muitos ignoram.

(A seguir, o Aqueduto do Alviela)

---

[1] A alguém — mestre da arte de construir — ouvimos defender o aproveitamento dos Arcos das Águas Livres para viaduto de estrada! Esta proposição malsã vale como sintoma, de que é mister precaver-nos «unguibus ed rostro», não vá a ideia fazer escola entre os iconoclastas da euritmia e da tradição.

EXPOSIÇÃO DO MUNDO PORTUGUÊS

ESTRUTURAS METÁLICAS

Actualidades gráficas

EXPOSIÇÃO DO MUNDO PORTUGUÊS

ASPECTOS DA CONSTRUÇÃO DALGUNS PAVILHÕES

Dos métodos de medida de potência e energia eléctrica activa e reactiva

PELO ENGENHEIRO ELECTROTÉCNICO (I. S. T.) BENJAMIM DA CONCEIÇÃO MENDONÇA

NOTA EXPLICATIVA

Ao leitor menos precavido pode parecer estranho que se tenha descido a uma minúcia tão grande na dedução das fórmulas, que normalmente não é vulgar em trabalhos de vulgarização científica e até em livros didáticos.

Se dissermos, porém, que êste trabalho estava destinado a constituir a dissertação que devia ser apresentada num concurso, a que o autor pretendeu concorrer, mas que o não poude fazer por não ter obtido os votos exigidos pela lei para se ser admitido a concursos de tal natureza, ter-se-á encontrado imediatamente a razão de uma tal minúcia.

Como se vê, êste trabalho não se destinava a ter o carácter de vulgarização científica, pelo que se ressente precisamente dêsse facto.

Contudo, como o assunto pode interessar os estudiosos, principalmente aqueles que começam a iniciar-se neste capítulo das medidas eléctricas, não tivemos dúvidas em publicá-lo tal como o escrevemos, sem lhe alterar o feitio, porque, a fazer-se, obrigava a uma remodelação profunda de todo o trabalho, para o que falece ao autor o tempo necessário para o executar.

Ficamos, no entanto, na convicção de que algo de útil fornecemos a todos que estudam o ramo desta especialidade electrotécnica.

I

O problema da medida de energia eléctrica na exploração de uma rêde de distribuïção, é um problema de capital importância para o seu óptimo rendimento económico, pois do seu grau de precisão depende não só a recolha duma maior ou menor quantidade de numerário, como se pode avaliar do estado geral da rêde, no que diz respeito às perdas sofridas, quer no consumo próprio da canalização, quer no desvio de corrente para a terra através do respectivo isolamento.

O *problema-tipo* que se apresenta na medida da potência ou da energia de uma rêde qualquer é do seguinte teor:

Se tivermos uma rêde de distribuïção, contendo geradores e receptores, e se essa rêde fôr constituída por n condutores susceptíveis de transportarem uma determinada potência, trata-se de saber que potência transportarão num dado momento êsses condutores, estando, é claro, todos os receptores em funcionamento.

Dado o problema, vamos ver como se põe êste em equação. Tomando a definição de energia elementar, sabemos que

$$dW = v_1 i_1 dt + v_2 i_2 dt + \ldots\ldots + v_n i_n dt$$

sendo i_1, i_2 ..... i_n os valores das intensidades das correntes que percorrem os n condutores.

Integrando esta expressão entre os limites de 0 e t virá para valor da energia que cada um dos n condutores transporta:

$$W = \int_0^t v_1 i_1 dt + \int_0^t v_2 i_2 dt + \ldots\ldots + \int_0^t v_n i_n dt$$

Mantendo-se os valores de v e i constantes, teremos que

$$W = v_1 i_1 t + v_2 i_2 t + \ldots\ldots + v_n i_n t = \\ = (v_1 i_1 + v_2 i_2 + \ldots\ldots + v_n i_n) t$$

donde

$$\frac{W}{t} = v_1 i_1 + v_2 i_2 + \ldots\ldots + v_n i_n$$

Por definição sabemos que o quociente da energia pelo tempo representa a potência.

Logo, se representarmos por P a potência instantânea das correntes que percorrem os n condutores teremos que

$$P = \frac{W}{t} = v_1 i_1 + v_2 i_2 + \ldots + v_n i_n .$$

Pelas leis de Kirchoff sabemos também que, num ponto qualquer de uma instalação a n condutores, o somatório das correntes que chegam é igual ao somatório das correntes que partem e, portanto, verifica-se sempre a seguinte relação:

$$i_1 + i_2 + i_3 + \ldots + i_n = 0$$

Se considerarmos o ponto, em que esta relação se verifica, e, se supuzermos, que êste ponto é um qualquer do espaço, e tomarmos a diferença de potencial de cada um dos n condutores em relação a êsse ponto, teremos que

$$P = (v_1 - v_0) i_1 + (v_2 - v_0) i_2 + \ldots (v_n - v_0) i_n$$

Fazendo

$$v_1 - v_0 = u_1 \; ; \; v_2 - v_0 = u_2 ; \ldots \; v_n - v_0 = u_n$$

e substituindo nesta última equação, virá

$$P = u_1 i_1 + u_2 i_2 + u_3 i_3 + \ldots + u_n i_n$$

Daqui se conclue o seguinte teorema devido a *Blondel*:

A potência que atravessa um conjunto de condutores de uma rêde é igual à soma dos produtos das correntes, que passam em cada um dêsses condutores, pela diferença de potencial entre cada um dos condutores e um ponto qualquer do espaço.

Se o ponto do espaço fôr considerado no condutor de ordem n, a diferença de potencial entre cada um dos condutores e êsse condutor será igual a

$$v_1 - v_n ; \; v_2 - v_n ; \; v_3 - v_n ; \ldots \; v_{n-1} - v_n$$

e então a expressão da potência toma a seguinte forma:

$$P = (v_1 - v_n) i_1 + (v_2 - v_n) i_2 + \ldots\ldots + \\ + (v_{n-1} - v_n) i_{n-1} + (v_n - v_n) i_n = \\ = (v_1 - v_n) i_1 + (v_2 - v_n) i_2 + \ldots\ldots + \\ + (v_{n-1} - v_n) i_{n-1} = u_{1.n} i_1 + u_{2.n} i_2 + \\ + \ldots\ldots + u_{n-1.n} i_{n-1}$$

Esta fórmula permite-nos concluir que:

Teorema: *A potência que atravessa um sistema de* n *condutores é igual à soma de todos os produtos das correntes, que passam em todos os condutores menos um, pela diferença de potencial entre cada um dos* n — 1 *condutores e o condutor de ordem* n.

Estes dois teoremas são fundamentais e é nêles que se baseiam todos os métodos de medida, quer seja da potência que passa no sistema de uma rêde, quer seja da totalização da energia que a mesma canalização transportou num determinado tempo.

Três casos importantes se apresentam na prática e que são actualmente os casos correntes.

O primeiro caso, que é o mais simples, é o de uma distribuïção a dois condutores.

Aplicando o último teorema, teremos que a potência que os dois condutores transportam, será igual a

$$P = (v_1 - v_2) i_1 = u_{1.2} i_1$$

Neste caso a potência, que passa em dois condutores, será igual ao produto da diferença de potencial entre os dois condutores pela corrente que percorre um dêles.

Vejamos o segundo caso freqüente. Trata-se das distribuïções a três fios como sejam os sistemas de distribuïção a três condutores em corrente contínua (duas pontes e um neutro) ou dos

casos de correntes monofásicas a três fios, distribuïções bifásicas ou os sistemas de corrente alternada trifásica sem neutro.

A aplicação do primeiro teorema conduz à seguinte expressão:

$$P = (v_1 - v_0)\, i_1 + (v_2 - v_0)\, i_2 + (v_3 - v_0)\, i_3 = \\ = u_1\, i_1 + u_2\, i_2 + u_3\, i_3$$

A aplicação do segundo teorema conduz à expressão que se segue

$$P = (v_1 - v_3)\, i_1 + (v_2 - v_3)\, i_2 = \\ = u_{1.3}\, i_1 + u_{2.3}\, i_2$$

Vejamos finalmente o terceiro caso. Trata-se da distribuïção vulgar em baixa tensão em corrente alternada das três fases e do neutro, que realiza substancialmente o ponto do espaço em que $v = o$, e em relação ao qual se tomam as diferenças de potencial.

De maneira que, aplicando o segundo teorema, que é o caso mais vulgar, temos que a potência num tal sistema de quatro condutores será igual a

$$P = (v_1 - v_4)\, i_1 + (v_2 - v_4)\, i_2 + (v_3 - v_4)\, i_3 = \\ = u_{1.4}\, i_1 + u_{2.4}\, i_2 + u_{3.4}\, i_3$$

É conhecido que se reünirmos os três condutores num ponto qualquer da instalação, e o ligarmos a um ponto do quarto condutor, considerado como neutro, a soma das diferenças de potencial entre êsses três condutores e o ponto considerado é nula, isto é,

$$u_{1.4} + u_{2.4} + u_{3.4} = o$$

O mesmo sucede às intensidades de corrente que percorrem estes condutores, isto é,

$$i_1 + i_2 + i_3 = o$$

Estas duas eqüações permitem determinar a potência de uma canalização, quer em estrêla quer em triângulo, utilizando várias fórmulas que permitem realizar vários processos de medida de potência e energia.

Vejamos agora os vários métodos de medida a que nos conduzem os teoremas que atrás ficaram enunciados.

Tratemos em primeiro lugar dos métodos de medida de potência utilizados em canalizações de corrente contínua, por serem êstes os mais simples.

II

Métodos de medida de potência e energia em canalizações de corrente contínua

Nesta forma de corrente existem três métodos de medida das potências, que são realizados empregando o primeiro, voltímetros e amperímetros, o segundo empregando só watímetros; o terceiro utilizando conjuntamente voltímetros, amperímetros e watímetros.

Os watímetros servirão de aparelhos de comprovação dos valores obtidos nas leituras dos voltímetros e amperímetros, cujos produtos devem ser iguais aos valores dados pelos watímetros.

Desta forma, se tivermos, por exemplo, uma distribuïção de corrente contínua a cinco condutores I, II, III, IV e V, a utilização dos aparelhos será feita segundo o esquema da fig. 1, e a potência de uma tal distribuïção será igual a

$$P = U_{1.5}\, i_1 + U_{2.5}\, i_2 + U_{3.5}\, i_3 + U_{4.5}\, i_4 = \\ = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

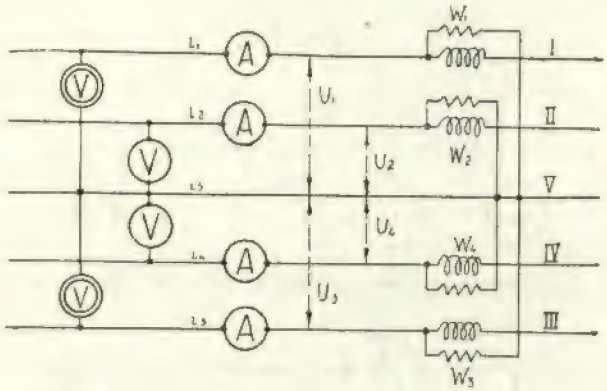


Fig. 1

Um tal método de medida resulta da aplicação do segundo teorema enunciado.

Rigorosamente devemos ter

$$U_{1.5}\, i_1 = W_1\ ; \quad U_{2.5}\, i_2 = W_2\ ; \quad U_{3.5}\, i_3 = W_3 \\ U_{4.5}\, i_4 = W_4$$

Na prática não acontece assim não só devido aos erros próprios dos aparelhos, como tam-

bém devido às acções dos campos externos que actuam principalmente sôbre os watímetros, sendo pràticamente insensíveis a êsses campos os voltímetros e amperímetros, baseados no galvanómetro de quadro móvel e iman fixo. Por esta circunstância emprega-se normalmente na medida de potências de circuitos, percorridos por corrente contínua, o método do voltímetro e amperímetro.

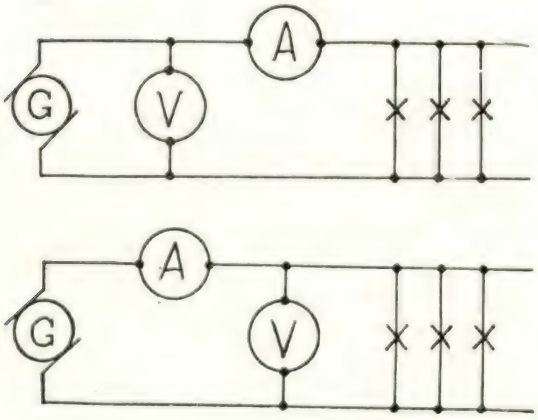
Na aplicação dêste método duas objecções se levantam e que dizem respeito ao modo por que se deverão montar os aparelhos, uns em relação aos outros, em virtude do consumo próprio dos aparelhos. É claro que estas objecções só adquirem importância em ensaios em que as potências são fracas, ou onde a precisão exigida é grande, e êste facto acontece com freqüência nos laboratórios da especialidade.

Nas medidas industriais estas objecções não têm importância. Mas, podemos ver qual a influência que os valores obtidos podem ter nos resultados dos ensaios e o que mais convém fazer.

Vejamos o que se passa com a montagem indicada na fig. 2.

Seja E a tensão aos bornes do gerador G. A potência que êste gerador pode fornecer sob a tensão E debitando a corrente I será

$$P = E\,I.$$



Figs. 2 e 3

Mas, montando os aparelhos, como está indicado nessa figura, o voltímetro indicará a tensão E do gerador G, e o amperímetro indicará a corrente I que vai circular na canalização menos a corrente i que percorre o voltímetro. Como o produto destas duas leituras é que nos vai fornecer o valor da potência que o gerador está fornecendo, esta potência virá afectada de um certo êrro, que é correspondente ao consumo próprio do voltímetro. Na segunda montagem, fig. 3, o voltímetro já não mede a tensão do gerador, mas, sim a tensão correspondente à diferença de tensões entre a tensão real do gerador e a queda de tensão e do amperímetro, provocada pelo consumo próprio do aparelho, mas, o amperímetro indicará o valor total da corrente debitada pelo gerador.

No primeiro caso a potência dada pelos aparelhos será igual a

$$P_1 = E\,I_1$$

Na segunda montagem a potência indicada pelo voltímetro e pelo amperímetro será igual a

$$P_2 = E_1\,I$$

Ora, como a potência realmente fornecida pelo gerador é igual a

$$P = E\,I$$

no primeiro e segundo caso, será igual a

$$P = E\,I = E\,(I_1 + i) = E\,I_1 + E\,i = E\,I_1 + R\,i^2$$
$$P = E\,I = (E_1 + e)\,I = E_1\,I + e\,I = E_1\,I + r\,I^2$$

sendo:

E_1 a tensão aos bornes do circuito de utilização
I a corrente total debitada pelo gerador
i a corrente que percorre o Voltímetro
R a resistência interna do Voltímetro
r a resistência interna do Amperímetro

Desta forma teremos que

$$P_1 = E\,I_1 = P - R\,i^2$$
$$P_2 = E_1\,I = P - r\,I^2$$

Como, em geral, o valor da corrente que percorre o voltímetro é muito pequena, alguns miliamperes, o seu quadrado ainda é muito mais pequeno, e embora a resistência interna seja muito grande, alguns milhares de ohms, o seu produto é sempre muito pequeno e inferior ao produto $r\,I^2$, consumo interno do amperímetro, porquanto, sendo muito pequena a resistência interna dêste, alguns centésimos

de ohm, em geral, o valor da intensidade da corrente é sempre um valor muito grande que aumenta ainda muito mais com o seu quadrado, de forma que se tem sempre

$$r I^2 > R i^2 .$$

Logo, o valor de P_1 aproxima-se mais do valor de P e o seu êrro é muito menor, pelo que a ligação do voltímetro se deverá fazer sempre antes do amperímetro, como mostra a fig. 2.

Em medidas de natureza industrial a ligação do voltímetro antes ou depois do amperímetro não tem grande importância, como já se disse.

As medidas de energia em circuitos de corrente contínua fazem-se pelo método do Amperímetro ou do Watímetro, empregando para isso aparelhos totalizadores, como são os contadores chamados Amperehorametros e Wathorametros de que falaremos quando tratarmos dos aparelhos utilizados para a realização dos respectivos métodos de medida.

Vejamos agora os métodos de medida empregados em circuitos de corrente alternada.

III

Métodos de medida de potência e energia em canalizações de corrente alternada

Em corrente alternada os circuitos, que na prática se apresentam, são os seguintes:

Circuitos monofásicos a dois condutores
» monofásicos a três condutores
» difásicos
» trifásicos a três condutores
» trifásicos a quatro condutores

Os mais correntes, actualmente empregados em distribuïções de energia eléctrica, são o primeiro e os dois últimos circuitos.

Em corrente alternada o problema da medida das potências e, conseqüentemente, da medida da energia, é mais delicado devido aos erros de montagem dos aparelhos, em que é fácil de incorrer, em virtude de vários factores, como seja a reactância dos receptores, introdução de transformadores de medida para abaixamento de tensões e intensidades. É necessário ter larga prática dos métodos para se não ser fàcilmente induzido em êrro.

Em corrente alternada o emprêgo do voltímetro e do amperímetro como método de medida de potência só é possível quando o circuito é totalmente isento de reactância, porque então nêste caso o produto das duas leituras fornece o valor da potência que o circuito transporta e, devendo-se notar, que nem todos os voltímetros e amperímetros podem ser empregados neste ensaio, em virtude da forma da corrente não consentir o emprêgo de aparelhos de quadro móvel, salvo quando lhes é aplicado o rectificador de corrente. Os voltímetros e amperímetros de precisão para corrente alternada são electrodinâmicos, não se empregando os voltímetros e amperímetros electromagnéticos devido a serem aparelhos de percentagem de êrro relativo extremamente elevada.

A potência, nêste caso, é representada pelo produto dos valores eficazes da tensão e da corrente o que, aliás, é fácil de demonstrar.

Partindo da expressão da potência instantânea que é representada pela fórmula

$$P = u . i$$

sendo u a diferença de potêncial instantânea e i o valor instantâneo da corrente, o valor da potência média será igual a

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u\, i\, dt$$

u i d t é a energia transportada pelos condutores no tempo dt .

Naquela expressão existem duas variáveis, pelo que se torna necessário eliminar uma delas. Como o circuito não é indutivo, teremos que

$$u = R\, i$$

e então será

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u\, i\, dt = \frac{1}{T}\int_0^T R\, i^2\, dt = \frac{R}{T}\int_0^T i^2\, dt$$

Como

$$i = I_{max} \operatorname{sen} \omega t = \frac{E_{max}}{R} \operatorname{sen} \omega t$$

será

$$i^2 = \frac{E^2_{max}}{R^2} \operatorname{sen}^2 \omega t$$

Substituindo na fórmula de P vem

$$P = \frac{R}{T} \int_0^T i^2 \, dt = \frac{R}{T} \int_0^T \frac{E^2_{max}}{R^2} \, . \operatorname{sen}^2 \omega t \, dt$$

Como E_{max} é um valor constante, a integração limitar-se-á à função circular e teremos que

$$P = \frac{R E^2_{max}}{R^2 T} \int_0^T \operatorname{sen}^2 \omega t \, dt =$$

$$= \frac{R E^2_{max}}{R^2 T} \int_0^T (1 - \cos^2 \omega t) \, dt =$$

$$= \frac{R E^2_{max}}{R^2 T} \int_0^T dt - \frac{R E^2_{max}}{R^2 T} \int_0^T \cos^2 \omega t \, dt =$$

$$= \frac{R E^2_{max}}{R^2} - \frac{R E^2_{max}}{R^2 T} \int_0^T \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} \, dt =$$

$$= \frac{R E^2_{max}}{R^2} - \frac{R E^2_{max}}{2 R^2 T} \int_0^T dt - \frac{R E^2_{max}}{2 R^2 T} \int_0^T \cos 2\omega t \, dt =$$

$$= \frac{R E^2_{max}}{R^2} - \frac{R E^2_{max}}{2 R^2} - \frac{R E^2_{max}}{2 R^2 T} \times$$

$$\times \frac{1}{2\omega t} \left(\operatorname{sen} 2\omega t \right)_0^T = \frac{R E^2_{max}}{R^2} - \frac{R E^2_{max}}{2 R^2} =$$

$$= \frac{R E^2_{max}}{2 R^2} = \frac{R I^2_{max}}{2} = R I^2_{ef} = E_{ef} I_{ef}$$

visto que $(\operatorname{sen} 2\omega t)_0^T = 0$

$$\frac{E^2_{max}}{R^2} = I^2_{max} \; ; \; \frac{I^2_{max}}{2} = I^2_{ef} \; ; \; R I_{ef} = E_{ef} \, .$$

Aqui, como em corrente contínua, têm aplicação as mesmas restrições quanto à montagem do voltímetro em relação ao amperímetro e com razões mais fortes, porquanto os aparelhos electrodinâmicos têm sempre um consumo interno muito maior do que os aparelhos de quadro móvel e iman fixo.

Método de três voltímetros: A medida da potência num circuito de corrente alternada também se pode fazer com o emprêgo de três voltímetros e uma *resistência* não indutiva de valor conhecida e secção suficiente para dar passagem à respectiva corrente.

A montagem dos três voltímetros é feita segundo o esquema representado na fig. 4.

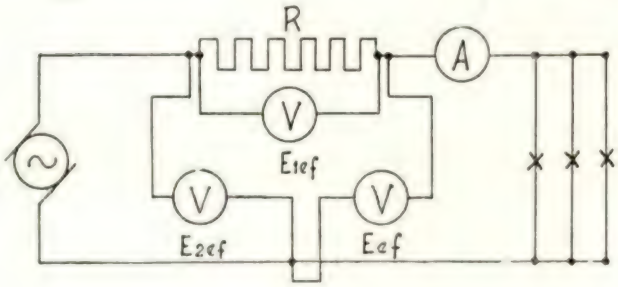


Fig. 4

Como se vê, a resistência ohmica está em série com o circuito da canalização e os voltímetros montados em derivação, um sôbre a resistência e outros dois antes e depois da resistência e o condutor da outra fase.

Vê-se logo que este método exige voltímetros de sensibilidade diferente e de bastante precisão para que os seus valores se diferenciem e se leiam nos pontos de escala em que o êrro é mínimo.

Cada um dos voltímetros dá o valor eficaz das diferenças de potencial, aos bornes da resistência, antes e depois desta.

A fórmula aplicável é

$$P = \frac{E^2_{2ef} - E^2_{1ef} - E^2_{ef}}{2 R'} + P_v$$

Sendo E_{ef} a diferença de potencial aos bornes do circuito de utilização, E_{1ef} e E_{2ef} a diferença de potencial aos bornes da resistência auxiliar e da máquina geradora, P_v a potência absorvida pelos Voltímetros e R' a resistência combinada da resistência auxiliar com a do voltímetro em derivação sôbre a mesma.

Será, pois

$$R' = \frac{R \, g}{R + g}$$

Se P_v é pequena, pode-se despresar e então a fórmula apresenta-se da seguinte maneira:

$$P = \frac{E_2^2{}_{ef} - E_1^2{}_{ef} - E^2{}_{ef}}{2\,R}$$

Qualquer das fórmulas tem fácil demonstração.

Partindo da fórmula fundamental

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T ui\ dt$$

em que u e i são os valores instantâneos da tensão e da intensidade total da corrente, teremos que, num momento dado aos bornes da resistência R, a corrente será igual a

$$i = \frac{u_1}{R}$$

Logo

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T ui\ dt = \frac{1}{TR}\int_0^T u\,.\,u_1\ dt$$

Do esquema da montagem tira-se, fig. 4, que

$$u_2 = u + u_1$$

Elevando ao quadrado vem

$$u_2^2 = (u + u_1)^2 = u^2 + 2\,uu_1 + u_1^2$$

donde se tira que

$$u\,u_1 = \frac{u_2^2 - u_1^2 - u^2}{2}$$

Introduzindo êste valor na expressão de P vem

$$P = \frac{1}{TR}\int_0^T uu_1\ dt = \frac{1}{2RT}\int_0^T (u_2^2 - u_1^2 - u^2)\ dt =$$

$$= \frac{1}{2R}\left[\frac{1}{T}\int_0^T u_2^2\ dt - \frac{1}{T}\int_0^T u_1^2\ dt - \frac{1}{T}\int_0^T u^2\ dt\right] =$$

$$= \frac{E_2^2{}_{ef} - E_1^2{}_{ef} - E^2{}_{ef}}{2\,R}$$

A integração de qualquer das parcelas faz-se partindo das seguintes equações

$$u_2^2 = E_2^2{}_{max}\ sen^2\omega t$$

$$u_1^2 = E_1^2{}_{max}\ sen^2\omega t$$

$$u^2 = E^2{}_{max}\ sen^2\omega t$$

e assim será, para qualquer dos casos,

$$\frac{1}{T}\int_0^T E^2{}_{max}\,sen^2\omega t\ dt = \frac{E^2{}_{max}}{T}\int_0^T (1 - cos^2\omega t)\ dt =$$

$$= \frac{E^2{}_{max}}{T}\int_0^T dt - \frac{E^2{}_{max}}{T}\int_0^T cos^2\omega t\ dt =$$

$$= E^2{}_{max} - \frac{E^2{}_{max}}{T}\int_0^T \left(\frac{1 + cos2\omega t}{2}\right) dt =$$

$$= E^2{}_{max} - \frac{E^2{}_{max}}{2\,T}\int_0^T dt - \frac{E^2{}_{max}}{2\,T}\int_0^T cos2\omega t\ dt =$$

$$= E^2{}_{max} - \frac{E^2{}_{max}}{2} - \frac{E^2{}_{max}}{2\,T} \times \frac{1}{2\omega t}\left(sen2\omega t\right)_0^T =$$

$$= \frac{2\,E^2{}_{max} - E^2{}_{max}}{2} = \frac{E^2{}_{max}}{2} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \times \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} =$$

$$= E_{ef} \times E_{ef} = E^2{}_{ef}\ .$$

Método dos três amperímetros: À semelhança do que acontece com o método dos três Voltímetros também se pode fazer a medida da potência de corrente alternada empregando três amperímetros segundo o esquema da figura 5,

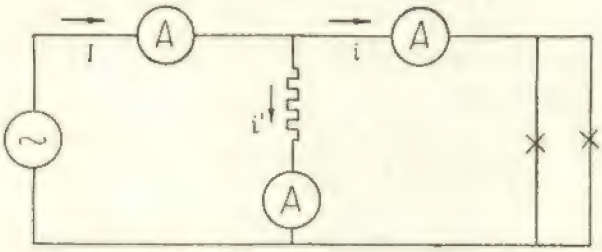


Fig. 5

e uma resistência de valor conhecido R. Neste caso a resistência em lugar de estar em série no circuito está em derivação, tendo um amperímetro em série com a resistência. Neste mé-

todo os amperímetros são também de sensibilidade diferente e têm de ser de precisão para que os êrros de leitura sejam mínimos. Os valores lidos nos aparelhos representam, como no método anterior, os valores eficazes.

A fórmula aplicável é a seguinte:

$$P = \frac{R}{2}\left[I^2_{ef} - (i'^2_{ef} + i^2_{ef})\right]$$

Esta fórmula obtém-se partindo da fórmula fundamental

$$P = \frac{I}{T}\int_0^T u\ i\ dt = \frac{R}{T}\int_0^T i'\ i\ dt$$

visto que

$$u = R\ i'$$

Desprezando, é claro, a resistência interna do amperímetro que está em série com R.

E assim teremos que

$$I = i' + i \qquad I^2 = (i' + i)^2 = i'^2 + 2\ i'\ i + i^2$$

donde

$$i'\ i = \frac{I^2 - i'^2 - i^2}{2}$$

Logo

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u\ i\ dt = \frac{R}{T}\int_0^T i'\ i\ dt =$$

$$= \frac{R}{T}\int_0^T \frac{I^2 - i'^2 - i^2}{2}\ dt =$$

$$= \frac{R}{2\,T}\int_0^T I^2\ dt - \frac{R}{2\,T}\int_0^T i'^2 - \frac{R}{2\,T}\int_0^T i^2\ dt$$

Como

$$I^2 = I^2_{max}\ sen^2\omega t \qquad i'^2 = i'^2_{max}\ sen^2\omega t$$
$$e\ \ i^2 = i^2_{max}\ sen^2\omega t$$

e, introduzindo estes valores na fórmula de P, temos que

$$P = \frac{R}{2}\left[\frac{1}{T}\int_0^T I^2_{max}\ sen^2\omega t\ dt - \right.$$

$$\left. - \frac{1}{T}\int_0^T i'^2_{max}\ sen^2\omega t\ dt - \frac{1}{T}\int_0^T i^2_{max}\ sen^2\omega t\ dt\right] =$$

$$= \frac{R}{2}\left[\frac{I^2_{max}}{T}\int_0^T sen^2\omega t\ dt - \frac{i^2_{max}}{T}\int_0^T sen^2\omega t\ dt - \right.$$

$$\left. - \frac{i'^2_{max}}{T}\int_0^T sen^2\omega t\ dt\right] =$$

$$= \frac{R}{2}\left[\frac{I^2_{max}}{T}\int_0^T (1 - \cos^2\omega t)\ dt - \right.$$

$$\left. - \frac{i'^2_{max}}{T}\int_0^T (1 - \cos^2\omega t)\ dt - \frac{i'^2_{max}}{T}\int_0^T (1 - \cos^2\omega t)\ dt\right] =$$

$$= \frac{R}{2}(I^2_{ef} - i'^2_{ef} - i^2_{ef}) = \frac{R}{2}\left[I^2_{ef} - (i'^2_{ef} + i^2_{ef})\right]$$

A integração de qualquer das três parcelas faz-se da seguinte forma:

$$\frac{I_{max}}{T}\int_0^T (1 - \cos^2\omega t)\ dt =$$

$$= \frac{I_{max}}{T}\int_0^T dt - \frac{I^2_{max}}{T}\int_0^T \cos^2\omega t\ dt =$$

$$= \frac{I^2_{max}}{T}\int_0^T \frac{1 + \cos 2\omega t}{2}\ dt =$$

$$= I^2_{max} - \frac{I^2_{max}}{2\,T}\int_0^T dt - \frac{I^2_{max}}{2\,T}\int_0^T \cos 2\omega t\ dt =$$

$$= I^2_{max} - \frac{I^2_{max}}{2} - \frac{I^2_{max}}{2\,T}\cdot\frac{1}{2\,\omega t}(sen\ 2\omega t)_0^T =$$

$$= \frac{2\ I^2_{max} - I^2_{max}}{2} = \frac{I^2_{max}}{2} =$$

$$= \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}\cdot\frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = I_{ef}\cdot I_{ef} = I^2_{ef}\,.$$

Estes métodos, que se podem classificar como *Métodos de recurso,* são pouco aplicáveis em casos onde haja necessidade de se fazerem medidas rigorosas.

Para ensaios de rigor e com corrente alternada, onde as variações de corrente são permanentes e, por isso, os erros são mais fáceis de cometer do que em corrente contínua, há que lançar mão de outros aparelhos mais cómodos e que têm a faculdade de fornecer imediatamente o valor da potência eficaz só por uma leitura: são os *Watímetros.*

Estes aparelhos congregam em si os dois circuitos: voltimétrico e amperimétrico.

Em cada instante o watímetro acusa a potência

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u.\ i\ dt$$

e como

$$u = E_{max} \operatorname{sen} \omega t \quad e \quad i = I_{max} \operatorname{sen} (\omega t - \varphi)$$

sendo φ a defasagem entre E_{max} e I_{max} devido à reactância do circuito e ω a pulsação da corrente que, como sabemos, é igual a $\frac{2\pi}{T}$.

A potência, que o watímetro indicará, será portanto, igual a

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T u\, i\, dt =$$

$$= \frac{1}{T}\int_0^T E_{max}\, I_{max} \operatorname{sen} \omega t \operatorname{sen} (\omega t - \varphi)\, dt =$$

$$= \frac{E_{max}\, I_{max}}{T}\int_0^T \operatorname{sen} \omega t\, (\operatorname{sen} \omega t \cos \varphi - \cos \omega t \operatorname{sen} \varphi)\, dt =$$

$$= \frac{E_{max}\, I_{max}}{T}\int_0^T (\operatorname{sen}^2 \omega t \cos \varphi - \operatorname{sen} \omega t \cos \omega t \operatorname{sen} \varphi)\, dt =$$

$$= \frac{E_{max}\, I_{max}}{T}\int_0^T \left(\frac{1 - \cos 2\omega t}{2} \cos \varphi - \right.$$

$$\left. - \operatorname{sen} \omega t \cos \omega t \operatorname{sen} \varphi\right) dt =$$

$$= E_{max}\, I_{max} \left(\frac{\cos \varphi}{2T}\int_0^T dt - \frac{\cos \varphi}{2T}\int_0^T \cos 2\omega t\, dt - \right.$$

$$\left. - \frac{\operatorname{sen} \varphi}{T}\int_0^T \operatorname{sen} \omega t \cos \omega t\, dt \right) =$$

$$= \frac{1}{T} E_{max}\, I_{max} \cos \varphi = E_{ef}\, I_{ef} \cos \varphi$$

visto que

$$\frac{1}{T}\int_0^T \cos 2\omega t\, dt = \frac{1}{2\omega} \cdot \frac{1}{T} (\operatorname{sen} 2\omega t) \Big)_0^T = 0$$

e fazendo

$$\operatorname{sen} \omega t = x$$

será

$$dx = \omega \cos \omega t$$

donde

$$\frac{dx}{\omega} = \cos \omega t\, dt$$

e, substituindo, vem

$$\frac{1}{T}\int_0^T \operatorname{sen} \omega t \cos \omega t\, dt = \frac{1}{T\omega}\int_0^T x\, dx =$$

$$= \frac{1}{T} \cdot \frac{x^2}{2\omega} = \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{2\omega} (\operatorname{sen}^2 \omega t)_0^T = 0$$

O watímetro dará imediatamente por uma só leitura o produto dos três factores indicados equivalente ao valor da potência eficaz que o circuito, onde estiver intercalado, transporta. É, portanto, um aparelho de uma grande comodidade e precisão para ser usado em circuitos de corrente alternada.

A utilização dêste género de aparelhos em conjunto permite a realização de vários métodos de medida em circuitos polifásicos, conseguindo-se por uma forma prática e cómoda fazer a determinação da potência que várias fases duma rêde transportam num dado momento.

Nos circuitos monofásicos a três condutores, a medida da potência faz-se exactamente como nos circuitos monofásicos a dois condutores e não apresenta, por isso, qualquer interêsse particular para um maior desenvolvimento.

Os circuitos que mais interessam, por serem aqueles que mais freqüentemente se encontram na prática corrente, são os circuitos trifásicos, a três e quatro fios, e que deram origem à criação de métodos de medida perfeitamente definidos, assentes nos dois teoremas, enunciados no comêço desta dissertação.

É conhecido que os sistemas trifásicos de corrente alternada se podem apresentar em montagem de triângulo ou em montagem estrelada, conforme as figuras 6 e 7 a seguir.

Qualquer destas figuras, para a determinação da potência, é equivalente, e o caso a considerar será o da potência que o conjunto transporta num dado momento e a maneira de a determinar com todo o rigor que os métodos comportam.

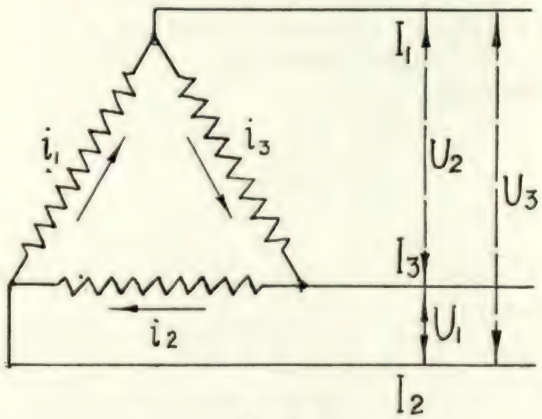


Fig. 6

Vamos considerar primeiro o caso de um sistema trifásico em estrêla, representado na fig. 7.

Suponhamos que $u_1\ u_2\ u_3$ são as tensões instantâneas por fase, que $i_1\ i_2\ i_3$ as correntes que circulam nas mesmas e $U_1\ U_2\ U_3$ as tensões compostas.

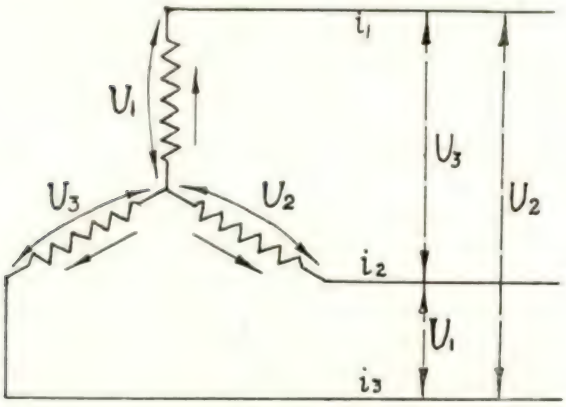


Fig. 7

Teremos, portanto, que

$$\begin{aligned} U_1 &= u_2 - u_3 \\ U_2 &= u_3 - u_1 \\ U_3 &= u_1 - u_2 \end{aligned} \qquad (1)$$

Sabemos também que, num instante dado, temos sempre

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \qquad (2)$$

e que nesse momento a potência instantânea será igual às somas das potências instantâneas transportadas pelos três condutores, e, então, será

$$P = u_1\, i_1 + u_2\, i_2 + u_3\, i_3 \qquad (3)$$

Vamos ver as conseqüências que resultam da introdução sucessiva dos valores de $i_1\ i_2$ e i_3 deduzidas das relações (2).

Teremos, pois, que

$$i_1 = -(i_2 + i_3) \qquad (4)$$
$$i_2 = -(i_1 + i_3) \qquad (5)$$
$$i_3 = -(i_1 + i_2) \qquad (6)$$

Virá, portanto, para valor de P sucessivamente

$$\begin{aligned} P &= -u_1(i_2 + i_3) + u_2\, i_2 + u_3\, i_3 = \\ &= -u_1\, i_2 - u_1\, i_3 + u_2\, i_2 + u_3\, i_3 = \\ &= (u_3 - u_1)\, i_3 - (u_1 - u_2)\, i_2 = U_2\, i_3 - U_3\, i_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= u_1\, i_1 - u_2(i_1 + i_3) + u_3\, i_3 = \\ &= u_1\, i_1 - u_2\, i_1 - u_2\, i_3 + u_3\, i_3 = \\ &= (u_1 - u_2)\, i_1 + (u_3 - u_2)\, i_3 = U_3\, i_1 - U_1\, i_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= u_1\, i_1 + u_2\, i_2 - u_3(i_1 + i_2) = \\ &= u_1\, i_1 + u_2\, i_2 - u_3\, i_1 - u_3\, i_2 = \\ &= (u_1 - u_3)\, i_1 + (u_2 - u_3)\, i_2 = U_1\, i_2 - U_2\, i_1 \end{aligned}$$

Temos assim o primeiro grupo de equações que representam um *Método de Medida* e que, em resumo, são

$$P = U_2\, i_3 - U_3\, i_2 \qquad (7)$$
$$P = U_3\, i_1 - U_1\, i_3 \qquad (8)$$
$$P = U_1\, i_2 - U_2\, i_1 \qquad (9)$$

Êste grupo permite obter um novo grupo de equações que, por sua vez, representam um novo *Método de Medida.*

Assim, se somarmos, sucessivamente, a equação (7) com a (8) e com a (9) e, por sua vez, a (8) com a (9) teremos

$$\begin{aligned} (10)\quad 2P &= U_2\, i_3 - U_3\, i_2 + U_2\, i_1 - U_1\, i_3 = \\ &= (U_2 - U_1)\, i_3 + U_3(i_1 - i_1) \\ (11)\quad 2P &= U_2\, i_3 - U_3\, i_2 + U_1\, i_2 - U_2\, i_1 = \\ &= (U_1 - U_3)\, i_2 + U_2(i_3 - i_1) \\ (12)\quad 2P &= U_3\, i_1 - U_1\, i_3 + U_1\, i_2 - U_2\, i_1 = \\ &= (U_3 - U_2)\, i_1 + U_1(i_2 - i_3) \end{aligned}$$

que formam o novo agrupamento que permite executar a medida da potência em circuitos trifásicos.

Vejamos ainda mais novos agrupamentos a que as equações (7), (8) e (9) podem dar origem.

Se somarmos membro a membro as equações (7), (8) e (9) virá:

$$\begin{aligned} (13)\quad 3P &= U_2 i_2 - U_3 i_2 + U_3 i_1 - U_1 i_3 + U_1 i_2 - U_2 i_1 = \\ &= U_1(i_2 - i_3) + U_2(i_3 - i_1) + U_3(i_1 - i_2) = \\ &= i_1(U_3 - U_2) + i_2(U_1 - U_3) + i_3(U_2 - U_1) \end{aligned}$$

Se as cargas estiverem rigorosamente equilibradas, as três parcelas serão iguais e, então teremos que

$$\begin{aligned} (14)\quad P &= U_1(i_2 - i_3) = U_2(i_3 - i_1) = U_3(i_1 - i_2) = \\ &= i_1(U_3 - U_2) = i_2(U_1 - U_3) = i_3(U_2 - U_1). \end{aligned}$$

que constitue também dois métodos de medida da potência e de energia.

Se à equação (13) adicionarmos e subtrairmos sucessivamente os seguintes produtos

$$U_1\, i_1 \qquad U_2\, i_2 \qquad U_3\, i_3$$

teremos

$$(15)\quad 3P = U_2 i_3 - U_3 i_2 + U_3 i_1 - U_1 i_3 + U_1 i_2 - U_2 i_1 + U_1 i_1 - U_1 i_1 = U_1 (i_1 - i_3) - i_1 (U_1 - U_3) + (U_1 - U_3) i_2 - U_2 (i_1 - i_3) = (U_1 - U_2)(i_1 - i_3) + (U_1 - U_3)(i_2 - i_1)$$

$$(16)\quad 3P = U_2 i_3 - U_3 i_2 + U_3 i_1 - U_1 i_3 + U_1 i_2 - U_2 i_1 + U_2 i_2 - U_2 i_2 = (U_2 - U_3) i_2 + (U_1 - U_2) i_2 + (U_2 - U_1) i_3 + (U_3 - U_2) i_1 = (U_1 - U_2)(i_2 - i_3) + (U_2 - U_3)(i_2 - i_1)$$

$$(17)\quad 3P = U_2 i_3 - U_3 i_2 + U_3 i_1 - U_1 i_3 + U_1 i_2 - U_2 i_1 + U_3 i_3 - U_3 i_3 = (U_2 - U_3) i_3 + (U_3 - U_1) i_3 + (U_1 - U_3) i_2 + (U_3 - U_2) i_1 = (U_2 - U_3)(i_3 - i_1) + (U_1 - U_3)(i_2 - i_3)$$

Êste conjunto constitui por si um novo *Método de Medida* de potência em circuitos trifásicos de corrente alternada a três condutores.

Até aqui temos considerado o caso de um sistema trifásico, montado em estrêla. Resta vêr se estas equações são aplicáveis a um sistema trifásico, montado em triângulo.

Consideremos, portanto, o esquema da fig. 6 e sejam i_1 i_2 e i_3 as correntes que circulam no gerador ligado, em triangulo, e I_1 I_2 e I_3 as correntes que circulam em cada fase e ainda U_1 U_2 e U_3 as tensões entre duas fases sucessivas.

Teremos, assim, que

$$I_1 = i_1 - i_3$$
$$I_2 = i_2 - i_1$$
$$I_3 = i_3 - i_2$$

Sabemos que neste sistema temos a seguinte relação

$$U_1 + U_2 + U_3 = o$$

A potência instantânea nas três fases do triângulo será igual a

$$P = U_3 i_1 + U_1 i_2 + U_2 i_3$$

Seguindo o mesmo método, que aplicámos ao caso da montagem em estrêla, vamos introduzir nesta última fórmula, o valor das tensões em função das outras e teremos, sucessivamente, que, sendo

$$U_1 = -(U_2 + U_3)$$
$$U_2 = -(U_1 + U_3)$$
$$U_3 = -(U_1 + U_2)$$

e, introduzindo no valor de P, virá

$$P = U_3 i_1 + U_1 i_2 + U_2 i_3 = U_3 i_1 - (U_2 + U_3) i_2 + U_2 i_3 = U_3 i_1 - U_2 i_2 - U_3 i_2 + U_2 i_3 = U_3 (i_1 - i_2) + U_2 (i_3 - i_2) = U_2 I_3 - U_3 I_2$$

$$P = U_3 i_1 + U_1 i_2 + U_2 i_3 = U_3 i_1 + U_1 i_2 - (U_1 + U_3) i_3 = U_3 i_1 + U_1 i_2 - U_1 i_3 - U_3 i_3 = U_3 (i_1 - i_3) + U_1 (i_2 - i_3) = U_3 I_1 - U_1 I_3$$

$$P = U_3 i_1 + U_1 i_2 + U_2 i_3 = -(U_1 + U_2) i_1 + U_1 i_2 + U_2 i_3 = -U_1 i_1 - U_2 i_1 + U_1 i_2 + U_2 i_3 = U_1 (i_2 - i_1) + U_2 (i_3 - i_1) = U_1 I_2 - U_2 I_1$$

Somando, duas a duas, as fórmulas, que acabamos de obter, virá

$$2P = U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_3 I_1 - U_1 I_3 = I_3 (U_2 - U_1) + U_3 (I_1 - I_2)$$
$$2P = U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_1 I_2 - U_2 I_1 = I_2 (U_1 - U_3) + U_2 (I_3 - I_1)$$
$$2P = U_3 I_1 - U_1 I_3 + U_1 I_2 - U_2 I_1 = I_1 (U_3 - U_2) + U_1 (I_2 - I_3)$$

Somando as três primeiras equações vem

$$3P = U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_3 I_1 - U_1 I_3 + U_1 I_2 - U_2 I_1 = U_2 (I_3 - I_1) + U_3 (I_1 - I_2) + U_1 (I_2 - I_3) = I_3 (U_2 - U_1) + I_2 (U_1 - U_3) + I_1 (U_3 - U_2)$$

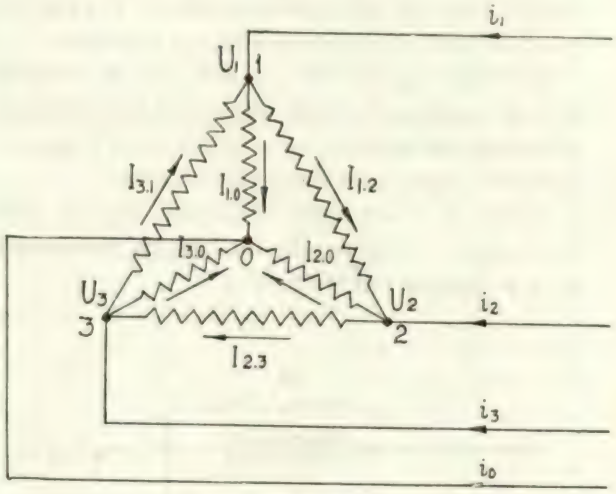


Fig. 8

No caso de fases rigorosamente equilibradas serão as três parcelas iguais, e, portanto,

$$P = U_2 (I_3 - I_1) = U_3 (I_1 - I_2) = U_1 (I_2 - I_3)$$
$$P = I_3 (U_2 - U_1) = I_2 (U_1 - U_3) = I_3 (U_3 - U_2)$$

o que é obvio.

Vamos agora transformar a equação

$$3P = U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_3 I_1 - U_1 I_3 + U_1 I_2 - U_2 I_1$$

e adicionemos-lhe sucessivamente os produtos

$$\pm U_1 I_1 \quad \pm U_2 I_2 \quad \pm U_3 I_3$$

e teremos

$$\begin{aligned} 3P &= U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_3 I_1 - U_1 I_3 + U_1 I_2 - \\ &- U_2 I_1 + U_1 I_1 - U_1 I_1 = U_2 (I_3 - I_1) + \\ &+ U_3 (I_1 - I_2) + U_1 (I_1 - I_3) + U_1 (I_2 - I_1) = \\ &= (U_1 - U_2)(I_1 - I_3) + (U_1 - U_3)(I_2 - I_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3P &= U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_3 I_1 - U_1 I_3 + U_1 I_2 - \\ &- U_2 I_1 + U_2 I_2 - U_2 I_2 = U_2 (I_3 - I_2) + \\ &+ U_3 (I_1 - I_2) + U_1 (I_2 - I_3) + U_2 (I_2 - I_1) = \\ &= (U_1 - U_2)(I_2 - I_3) + (U_2 - U_3)(I_2 - I_1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3P &= U_2 I_3 - U_3 I_2 + U_3 I_1 - U_1 I_3 + U_1 I_2 - \\ &- U_2 I_1 + U_3 I_3 - U_3 I_3 = U_2 (I_3 - I_1) + \\ &+ U_3 (I_3 - I_2) + U_1 (I_2 - I_3) + U_3 (I_1 - I_3) = \\ &= (U_2 - U_3)(I_3 - I_1) + (U_1 - U_3)(I_2 - I_3) \end{aligned}$$

Confrontando os grupos de equações, obtidos para a montagem em triângulo e para a montagem em estrêla, verifica-se que todos êles são idênticos, dentro dos respectivos grupos, e que, portanto, se podem aplicar indistintamente, quer se trate de um sistema em estrêla, quer se trate de um sistema em triângulo.

Resta-nos agora ver os métodos de medida que são susceptíveis de se aplicar aos sistemas trifásicos em estrêla, mas possuindo o quarto condutor, chamado condutor neutro.

Vejamos o seguinte esquema, fig. 8, que representa a conjugação da ligação em estrêla com a ligação em triângulo.

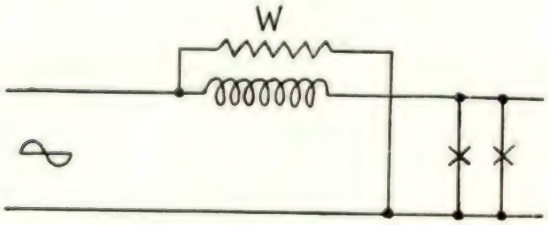


Fig. 9

Seja $I_{1.2}$; $I_{1.3}$; $I_{3.2}$; $I_{1.0}$; $I_{2.0}$; $I_{3.0}$ as correntes que circulam internamente e i_1, i_2, i_3, i_4 as correntes que circulam nas fases.

E que os potenciais nos vértices e no centro do sistema são respectivamente: U_1 U_2 U_3 U_0.

A potência instantânea, que o sistema recebe (se supuzermos que se trata de um receptor), será igual a

$$\begin{aligned} P = {} & I_{1.3} (U_3 - U_1) + I_{1.2} (U_1 - U_2) + \\ & + I_{3.2} (U_2 - U_3) + I_{1.0} (U_1 - U_0) + \\ & + I_{2.0} (U_2 - U_0) + I_{3.0} (U_3 - U_0) \end{aligned}$$

Nos vértices do sistema teremos que

$$\begin{aligned} i_1 &= I_{1.0} + I_{1.2} - I_{1.3} \\ i_2 &= I_{3.2} + I_{2.0} - I_{1.2} \\ i_3 &= I_{1.3} + I_{3.0} - I_{3.2} \end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned} I_{1.0} &= i_1 - (I_{1.2} - I_{1.3}) \\ I_{2.0} &= i_2 - (I_{3.2} - I_{1.2}) \\ I_{3.0} &= i_3 - (I_{1.3} - I_{3.2}) \end{aligned}$$

Verificamos mais, que as tensões sucessivas entre os vértices são iguais, respectivamente, a

$$\begin{aligned} U_1 - U_2 &= (U_1 - U_0) - (U_2 - U_0) \\ U_2 - U_3 &= (U_2 - U_0) - (U_3 - U_0) \\ U_3 - U_1 &= (U_3 - U_0) - (U_1 - U_0) \end{aligned}$$

São as tensões compostas do sistema em estrêla.

Introduzindo na expressão de P os valores das correntes que circulam nas fases, isto é, i_1, i_2, i_3 teremos que, substituindo os valores de $I_{1.0}$, $I_{2.0}$, $I_{3.0}$,

$$\begin{aligned} P = {} & I_{1.3} (U_3 - U_1) + I_{1.2} (U_1 - U_2) + I_{3.2} (U_2 - U_3) + \\ & + I_{1.0} (U_1 - U_0) + I_{2.0} (U_2 - U_0 + \\ & + I_{3.0} (U_3 - U_0) = I_{1.3} U_3 - I_{1.3} U_1 + \\ & + I_{1.2} U_1 - I_{1.2} U_2 + I_{1.2} U_2 - I_{1.2} U_3 + \\ & + i_1 (U_1 - U_0) - I_{1.2} U_1 + I_{1.2} U_0 + I_{1.3} U_1 - \\ & - I_{1.3} U_0 + i_2 (U_2 - U_0) - I_{3.2} U_2 - I_{1.2} U_0 + \\ & + I_{3.2} U_0 + I_{1.2} U_2 + i_3 (U_3 - U_0) - I_{1.3} U_3 + \\ & + I_{1.3} U_0 + I_{3.2} U_3 - I_{3.2} U_0 = i_1 (U_1 - U_0) + \\ & + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) \end{aligned}$$

o que constitue um novo *Método de medida*.

Vejamos ainda as conseqüências que podem resultar da transformação desta equação.

Sabemos que

$$(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0) + (U_3 - U_0) = 0$$

donde se tira

$$(U_1 - U_0) = -[(U_2 - U_0) + (U_3 - U_0)]$$
$$(U_2 - U_0) = -[(U_1 - U_0) + (U_3 - U_0)]$$
$$(U_3 - U_0) = -[(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0)]$$

Substituindo, sucessivamente, na última equação de P teremos

$$P = i_1 (U_1 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) = -i_1 [(U_2 - U_0) + (U_3 - U_0)] + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) = i_1 (U_2 - U_0) - i_1 (U_3 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) = (i_2 - i_1)(U_2 - U_0) + (i_3 - i_1)(U_3 - U_0)$$

$$P = i_1(U_1 - U_0) + i_2(U_2 - U_0) + i_3(U_3 - U_0) = i_1(U_1 - U_0) - i_2[(U_1 - U_0) + (U_3 - U_0)] + i_3(U_3 - U_0) = i_1(U_1 - U_0) - i_2(U_1 - U_0) - i_2(U_3 - U_0) + i_3(U_3 - U_0) = (i_1 - i_2)(U_1 - U_0) + (i_3 - i_2)(U_3 - U_0)$$

$$P = i_1(U_1 - U_0) + i_2(U_2 - U_0) + i_3(U_3 - U_0) = i_1(U_1 - U_0) + i_2(U_2 - U_0) - i_3[(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0)] = i_1(U_1 - U_0) + i_2(U_2 - U_0) - i_3(U_1 - U_0) - i_3(U_2 - U_0) = (i_1 - i_3)(U_1 - U_0) + (i_2 - i_3)(U_2 - U_0)$$

Êste grupo de três equações constitue um outro *Método de medida*.

Nem neste método de medida, nem no anterior entra a corrente i_0, ainda mesmo no caso de no condutor neutro circular uma corrente por o sistema estar desequilibrado.

Vejamos como introduzir o valor de i_0 e quais as conseqüências que daí resultam, e se é possível obter um novo processo de medida.

Partamos da equação

$$P = i_1 (U_1 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0)$$

Sabemos já que

$$(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0) + (U_3 - U_0) = 0$$

e

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_0 = 0$$

Já notámos que as tensões entre os vértices do sistema indicado são iguais a

$$(U_1 - U_2) = (U_1 - U_0) - (U_2 - U_0) \qquad (1.^a)$$
$$(U_2 - U_3) = (U_2 - U_0) - (U_3 - U_0) \qquad (2.^a)$$
$$(U_3 - U_1) = (U_3 - U_0) - (U_1 - U_0) \qquad (3.^a)$$

Tomando a última equação de P, isto é,

$$P = i_1 (U_1 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0)$$

e substituindo os valores de $(U_1 - U_0)$ e $(U_2 - U_0)$ pelas expressões seguintes, deduzidas das equações relativas à tensão entre os vértices do sistema que são iguais a

$$(3.^a) \quad U_1 - U_0 = (U_3 - U_0) - (U_3 - U_1) \qquad (a)$$
$$(2.^a) \quad U_2 - U_0 = (U_2 - U_3) - (U_3 - U_0) \qquad (b)$$

teremos

$$P = i_1 [(U_3 - U_0) - (U_3 - U_1)] + i_2 [(U_2 - U_3) + (U_3 - U_0)] + i_3 (U_3 - U_0) = i_1 (U_3 - U_0) - i_1 (U_3 - U_1) + i_2 (U_2 - U_3) + i_2 (U_3 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) = (i_1 + i_2 + i_3)(U_3 - U_0) + i_2 (U_2 - U_3) - i_1 (U_3 - U_1)$$

Mas, como

$$i_1 + i_2 + i_3 = -i_0$$

virá

$$P = i_2 (U_2 - U_3) - i_1 (U_3 - U_1) - i_0 (U_3 - U_0) \qquad (c)$$

Se somarmos membro a membro as expressões (a) e (b) e juntarmos a ambos os membros $(U_3 - U_0)$ virá

$$(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0) + (U_3 - U_0) = (U_3 - U_0) - (U_3 - U_1) + (U_2 - U_3) + (U_3 - U_0) + (U_3 - U_0) = 3 (U_3 - U_0) + (U_2 - U_3) - (U_3 - U_1) = 0$$

Desta expressão tira-se que

$$U_3 - U_0 = \frac{(U_3 - U_1) - (U_2 - U_3)}{3}$$

Introduzindo na expressão (c) vem

$$P = i_2 (U_2 - U_3) - i_1 (U_3 - U_1) - \frac{i_0}{3} [(U_3 - U_1) - (U_2 - U_3)] = i_2 (U_2 - U_3) - i_1 (U_3 - U_1) - \frac{i_0}{3} (U_3 - U_1) + \frac{i_0}{3} (U_2 - U_3) = (U_2 - U_3)\left(i_2 + \frac{i_0}{3}\right) - (U_3 - U_1)\left(i_1 + \frac{i_0}{3}\right) = (U_2 - U_3)\left(i_2 + \frac{i_0}{3}\right) + (U_1 - U_3)\left(i_1 + \frac{i_0}{3}\right)$$

Continuemos as substituïções sucessivas de $(U_1 - U_0)$, $(U_3 - U_0)$ e $(U_2 - U_0)$, $(U_3 - U_0)$ na equação de P e teremos que

$$(d) \quad U_1 - U_0 = (U_1 - U_2) + (U_2 - U_0) \qquad 1.^a$$
$$(e) \quad U_3 - U_0 = (U_2 - U_0) - (U_2 - U_3) \qquad 2.^a$$

Virá, portanto,

$$P = i_1 (U_1 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) =$$
$$= i_1 [(U_1 - U_2) + (U_2 - U_0)] + i_2 (U_2 - U_0) +$$
$$+ i_3 [(U_2 - U_0) - (U_2 - U_3)] = i_1 (U_1 - U_2) +$$
$$+ i_1 (U_2 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_2 - U_0) -$$
$$- i_3 (U_2 - U_3) = (i_1 + i_2 + i_3) (U_2 - U_0) +$$
$$+ i_1 (U_1 - U_2) - i_3 (U_2 - U_3) = - i_0 (U_2 - U_0) +$$
$$+ i_1 (U_1 - U_2) - i_3 (U_2 - U_3) = i_1 (U_1 - U_2) -$$
$$- i_3 (U_2 - U_3) - \frac{i_0}{3} [(U_2 - U_3) - (U_1 - U_2)] =$$
$$= i_1 (U_1 - U_2) - i_3 (U_2 - U_3) - \frac{i_0}{3} (U_2 - U_3) +$$
$$+ \frac{i_0}{3} (U_1 - U_2) = (U_1 - U_2) \left(i_1 + \frac{i_0}{3}\right) -$$
$$- (U_2 - U_3) \left(i_3 + \frac{i_0}{3}\right) = (U_1 - U_2) \left(i_1 + \frac{i_0}{3}\right) +$$
$$+ (U_3 - U_2) \left(i_3 + \frac{i_0}{3}\right)$$

Isto devido a que, se somarmos membro a membro as equações (d) e (e) e juntarmos a ambos os membros $(U_2 - U_0)$, teremos

$$(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0) + (U_3 - U_0) =$$
$$= (U_1 - U_2) + (U_2 - U_0) + (U_2 - U_0) +$$
$$+ (U_2 - U_0) + (U_2 - U_3) =$$
$$= 3 (U_2 - U_0) + (U_1 - U_2) - (U_2 - U_3) = 0$$

donde se tira que

$$U_2 - U_0 = \frac{(U_2 - U_3) - (U_1 - U_2)}{3}$$

e, como,

$$i_1 + i_2 + i_3 = - i_0$$

Foi a introdução dêstes valores na equação de P que nos conduziu ao resultado indicado.

Vamos deduzir a última equação dêste grupo. Para isso vamos introduzir na equação de P os valores a deduzir das seguintes equações:

$$i_1 + i_2 + i_3 = - i_0$$

1.ª $(U_1 - U_2) = (U_1 - U_0) - (U_2 - U_0)$

donde

$$(U_2 - U_0) = (U_1 - U_0) - (U_1 - U_2)$$

3.ª $(U_3 - U_1) = (U_3 - U_0) - (U_1 - U_0)$

donde

$$(U_3 - U_0) = (U_3 - U_1) + (U_1 - U_0)$$

$$(U_1 - U_0) + (U_2 - U_0) + (U_3 - U_0) =$$
$$= (U_1 - U_0) + (U_1 - U_0) - (U_1 - U_2) +$$
$$+ (U_3 - U_1) + (U_1 - U_0) = 0$$

$$P = i_1 (U_1 - U_0) + i_2 (U_2 - U_0) + i_3 (U_3 - U_0) =$$
$$= i_1 (U_1 - U_0) + i_2 [(U_1 - U_0) - (U_1 - U_2)] +$$
$$+ i_3 [(U_3 - U_1) + (U_1 - U_0)] = i_1 (U_1 - U_0) +$$
$$+ i_2 (U_1 - U_0) - i_2 (U_1 - U_2) + i_3 (U_3 - U_1) +$$
$$+ i_3 (U_1 - U_0) = (i_1 + i_2 + i_3) (U_1 - U_0) =$$
$$= - \frac{i_0}{3} \left[(U_1 - U_2) - (U_3 - U_1) \right] + i_3 (U_3 - U_1) -$$
$$- i_2 (U_1 - U_2) = - \frac{i_0}{3} (U_1 - U_2) + \frac{i_0}{3} (U_3 - U_1) +$$
$$+ i_3 (U_3 - U_1) - i_2 (U_1 - U_2) =$$
$$= - \left(i_2 + \frac{i_0}{3}\right) (U_1 - U_2) + \left(i_3 + \frac{i_0}{3}\right) (U_3 - U_1) =$$
$$= \left(i_2 + \frac{i_0}{3}\right) (U_2 - U_1) + \left(i_3 + \frac{i_0}{3}\right) (U_3 - U_1)$$

Porque, pela razão já apontada,

$$(U_1 - U_0) = \frac{(U_1 - U_2) - (U_3 - U_1)}{3}$$

Temos assim o último grupo das equações que representam um novo método aplicado aos sistemas trifásicos com quatro condutores, dos quais um é chamado fio ou condutor neutro. Neste último grupo, sempre que haja corrente no neutro, esta intervém no resultado da respectiva medida.

Expostos todos os métodos de medida de potência e energia activa, que se podem utilizar em sistema de circuitos de corrente alternada monofásica e trifásica de distribuïções a três e quatro fios, vamos indicar os respectivos esquemas de montagens e interpretar estes vectorialmente.

IV

Circuitos de corrente alternada monofásica a dois e três fios

A montagem de aparelhos de medida de potência e energia activa em circuitos de corrente alternada monofásica a dois fios, isto é,

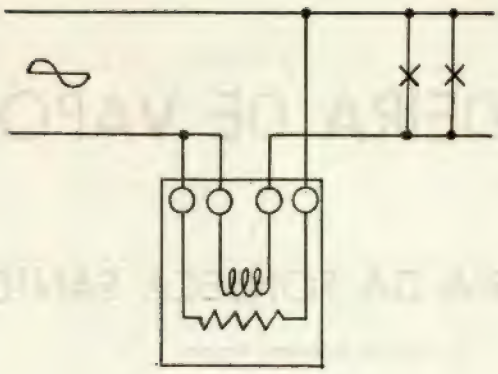


Fig. 10

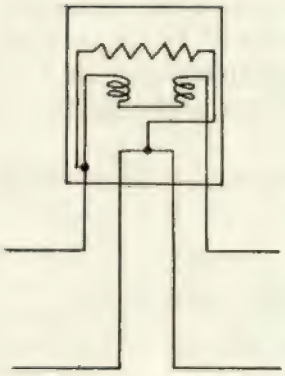


Fig. 11

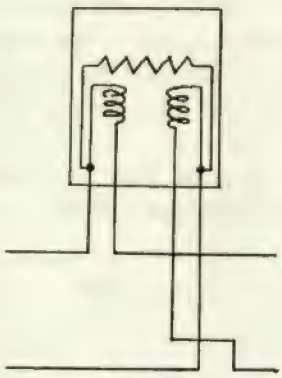


Fig. 12

constituídos, apenas, por dois condutores, faz-se como indicam as figuras 9, 10, 11 e 12.

Já vimos, analiticamente, qual o valor que um watímetro indica.

Vectorialmente, podemos traduzir a expressão

$$P = E \cdot I \cos \varphi$$

pela figura 13.

Isto não apresenta interêsse algum, pelo que não nos demoraremos neste assunto, acrescentando, apenas, que nos aparelhos integradores de energia, independentemente dos fenómenos que se operam nos órgãos móveis, o registo da energia a cada instante é feito nas condições dos watímetros, isto é, a indicação é feita tendo em atenção o factor de potência, e, por isso, a medida da energia é feita segundo a potência eficaz que nesse instante é transportada pela canalização.

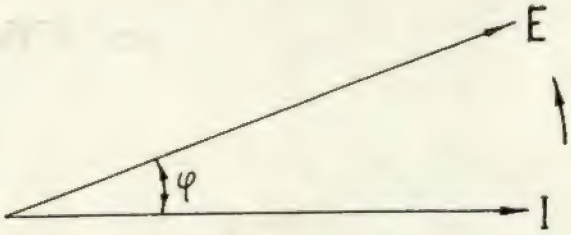


Fig. 13

Nos circuitos monofásicos a três fios a medida é feita aplicando o segundo teorema para a medida das potências conduzidas por *n* condutores, para o que se empregam dois watímetros montados segundo a fig. 14.

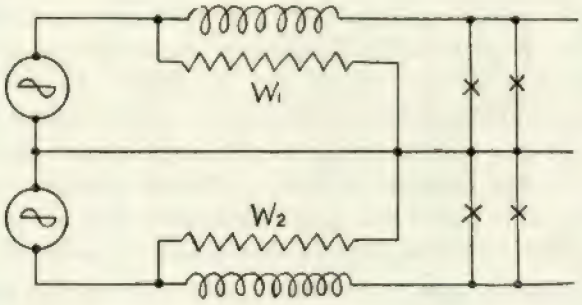


Fig. 14

A soma das duas leituras fornece o valor da potência transportada pelos três condutores.

Nos circuitos difasados, seguem-se exactamente as mesmas normas que acabam de ser expostas para os circuitos monofásicos a dois e três condutores.

(Continua)

CÁLCULO DUMA CALDEIRA DE VAPOR

(Continuado)

POR JOSÉ FARIA DA FONSECA SANTOS

(Do Curso de Engenharia Mecânica)

II PARTE

Cálculo das dimensões da caldeira

CAPÍTULO I

Das perdas

Como vamos entrar nos nossos cálculos com o poder calorífico inferior, que toma em linha de conta as perdas em água, visto irmos utilizar os gráficos de Münzinger, temos apenas de considerar as perdas por irradiação, as não mencionadas, em calor sensível e não queimados nas cinzas e ainda as perdas pela chaminé.

Estas últimas perdas já foram calculadas atrás a partir das quantidades de calor arrastadas pelas moléculas dos gases à saída da chaminé, mas supuzemos então que não havia formação de CO, isto é, a combustão era completa.

Os gráficos de Münzinger estão, embora teóricos, até certo ponto, adaptados um pouco à prática e portanto darão resultados mais próximos da verdade; por isso vamos de novo calcular as perdas em calor sensível nos gases à saída da chaminé, empregando-os.

Arbitrámos em 160° C a temperatura de saída dos gases. O gráfico n.° 10 dá-nos os calores específicos médios dos gases entre *o* e *t* em função do poder calorífico inferior do carvão, da percentagem de CO^2 e da temperatura *t*.

A base dos cálculos deveria ser a temperatura ambiente e não a de 0°C., mas o êrro cometido é desprezível como dissemos.

A percentagem de CO^2 máxima já foi calculada e é de 17 %.

O gráfico adicional, em baixo e à esquerda, dá-nos para o excesso de ar de 1,3 (30 %) e 17 % de CO^2 máximo a percentagem de 13 % de CO^2 que será a indicada pelo aparelho de Orsat.

É com esta percentagem que se entra no gráfico, que nos dá.

$$[Cpm]_{0}^{160^\circ} = 0{,}3225 \quad kcal/N^{m^3}.^\circ C.$$

Sendo N o número de m^3 de gases nas condições normais de pressão e temperatura, valor que é dado pelo gráfico 11 em função do poder calorífico inferior do carvão e do excesso de ar.

Se entrássemos com a temperatura encontraríamos o volume dos gases a essa temperatura, por kg de carvão.

O gráfico dá:

$$8{,}8 \quad N^{m^3}/_{760}^{\circ}\ m.m./kg \text{ de carvão}$$

O volume total dos gases será:

$$N = 8{,}8 \times 2.800 = 24.600\ m^3/h\ /_{760}^{\circ}\ m.m$$

O calor perdido pelos gases à saída da chaminé será então:

$$24.640 \times 0{,}3225 \times 160 = 1{:}271.424\ kcal/h$$

Esta determinação pode também ser feita por meio do gráfico 12 que dá imediatamente o resultado do gráfico 10, isto é, a partir da temperatura dos gases podemos achar a quan-

tidade de calor que os gases possuem, e vice-versa, em função do poder calorífico inferior do carvão e da percentagem de CO^2 indicada pelo aparelho de Orsat.

a quantidade de calor dos gases será:

$$24.640 \times 52 = 1:281.280 \text{ kcal/h}$$

O que dá uma diferença de 9.280 kcal/h, ou

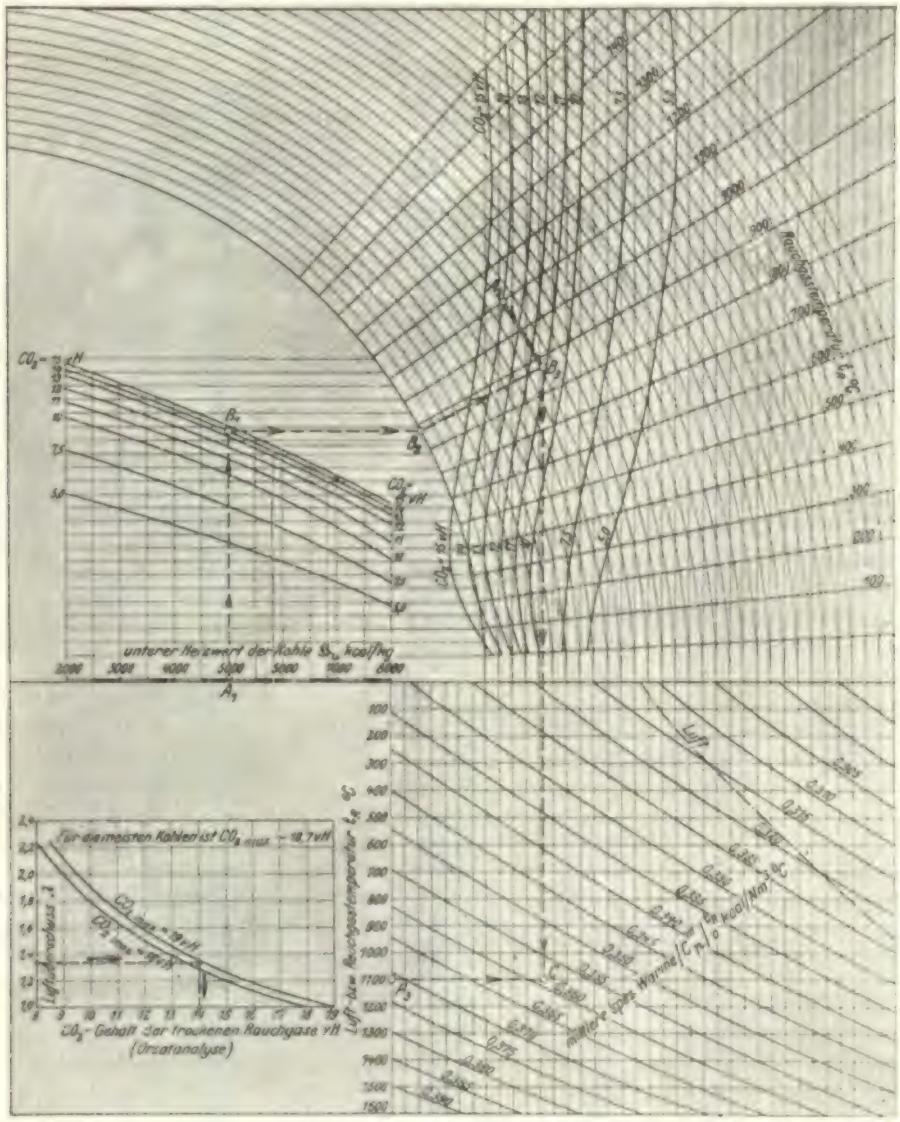


Gráfico 10

Verifiquemos para exemplificar.

Para o nosso caso à temperatura de 160° o gráfico dá:

$$J = 52 \text{ kcal/N}^{m3}$$

Como $N = 24.640 \text{ m}^3\text{/h} / \frac{0}{100} \text{ m.m}$

seja, aproximadamente 0,058 % que é um êrro desprezível.

Temos tomado as perdas em função do poder calorífico superior; mas, como agora nos nossos cálculos vamos entrar com o poder calorífico inferior, temos de as exprimir em função dêste e assim teremos as perdas, arredondadas:

Por irradiação (13 %)...	2:122.000 kcal/h
nos gases em calor sensível (7,8 %).....	1:272.000 »
nos gases em não queimados (4 %).....	652.840 »
em não mencionados (5 %).....	816.060 »
nas cinzas (2,71 %).....	442.300 »
total...	5:305.200 »

Distribuamos as perdas por irradiação do seguinte modo:

Na câmara de combustão incluindo o primeiro feixe tubular e barriletes	10,0 %	1:632.000 kcal/h.
No sobreaquecedor	0,5 %	81.800 »
No segundo feixe tubular.....	1,0 %	163.200 »
No economizador...	1,0 %	163.200 »
No aquecedor de ar	0,5 %	81.800 »
Calor total irradiado	13,0 %	2:122.000 kcal/h.

CAPÍTULO II

Das quantidades de calor a ceder nos diferentes elementos da caldeira

1.º) *No aquecedor de ar*

Arbitrámos já em 150° C. a temperatura de aquecimento do ar, que supomos entrar a 15° C.

O gráfico 10 dá os calores específicos médios do ar entre 0° C. e várias temperaturas em kcal/N^{m3}° C.

Dêle tiramos:

$$[Cpm]_0^{150°} = 0{,}313 \text{ kcal/N}^{m3°} \text{ C.}$$

$$[Cpm]_0^{16} = 0{,}3115 \text{ kcal/N}^{m3°} \text{ C.}$$

Como

$$[Cpm]_{t_1}^{t_2} = \frac{t_2 [Cpm]_0^{t_2} - t_1 [Cpm]_0^{t_1}}{t_2 - t_1}$$

vem $[Cpm]_{16}^{150} = 0{,}32$ kcal/N$^{m3°}$ C.

O ar teòricamente necessário à combustão de 1 kg de carvão é de

6,47 m3/kg a 0° C e 760 m.m

Como o excesso de ár é de 30 % o volume de ar empregado por cada quilo de carvão é:

$$6{,}47 + 6{,}47 \frac{30}{100} = 8{,}411 \text{ m3/kg } (0°_{76}) \text{ m.m}$$

O volume total de ar é:

$$v = 2800 \times 8{,}411 \simeq 23.500 \text{ m3/kg } (0°_{76}) \text{ m.m}$$

A quantidade de calor a fornecer a êste ar no aquecedor será:

$$Q_a = 23.500 \times 0{,}32\ (150 - 16) = 1:016.000 \text{ kcal/h.}$$

2.º) *No economizador*

A temperatura a que desejamos aquecer a água é de 93° C e a temperatura de alimentação é de 16° C.

No economizador há que ceder à água uma quantidade de calor

$$Q_2 = 15.000\ (93 - 16) = 1:155.000 \text{ kcal/h.}$$

3.º) *No 2.º feixe tubular*

Para assegurar uma boa circulação de água na caldeira vamos supor que neste tubular aquecemos a água até a uma temperatura um pouco inferior à de vaporização, correspondente a 16 kgs/cm² de pressão absoluta e que é de 200,3° C.

Supunhamos pois que aquecemos a água de 93° C (temperatura a que sai do economizador) até 180° C.

A quantidade de calor a ceder à água será:

$$Q_2 \simeq 15.000\ (180 - 93) = 1:305.000 \text{ kcal/h.}$$

4.º) *No sobreaquecedor*

Neste órgão há que secar o vapor húmido à temperatura de saturação e sobreaquece-lo até 350° C.

Supondo que no vapor há $\omega = 5$ % de humidade, visto que a prática nos dá os seguintes valores:

Para caldeiras de tubos de grande inclinação $\omega = 4$ a 6 %

Para caldeiras de tubos de pequena inclinação $\omega = 3$ a 5 %.

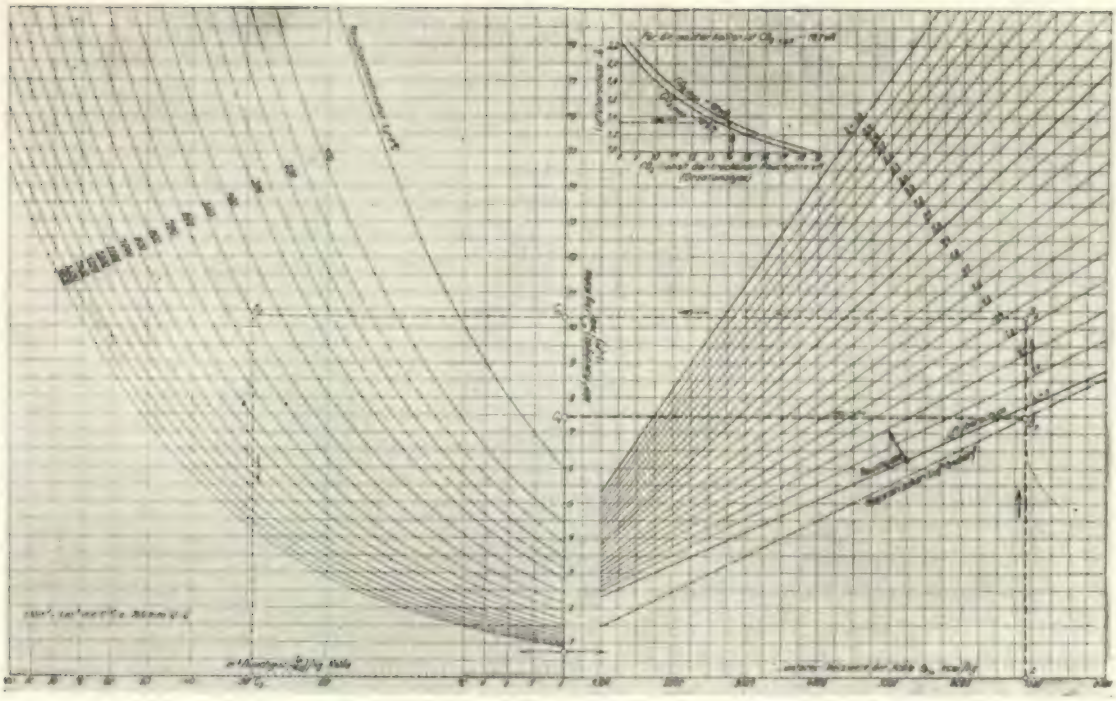


Gráfico 11

Como o calor de vaporização da água à pressão da nossa caldeira é de r = 461,2 kcal para secar o vapor são necessárias:

$$461{,}2 \times 15.000 \frac{5}{100} = 345.900 \text{ kcal/h.}$$

O calor específico médio do vapor entre a temperatura de saturação e a de sobreaquecimento é

$$\left[\text{Cpm} \right]_{350^\circ}^{200{,}3^\circ} = 0{,}568 \text{ kcal/kg}$$

O calor necessário para sobreaquecer o vapor será:

$$15.000 \times 0{,}568\,(350 - 200{,}3) = 1{:}275.000 \text{ kcal/h}$$

A quantidade de calor a ceder à água no sobreaquecedor será finalmente:

$$Q_s = 345.900 + 1{:}275.000 = 1{:}620.900 \text{ kcal/h.}$$

5.º) *No 1.º feixe tubular*

A quantidade de calor total a ceder à água é

$$Q_t = 15.000\ (750{,}4 - 16) = 11{:}016.000 \text{ kcal/h.}$$

Nos outros elementos a água recebe 4:080.900 kcal/h.; portanto há que ceder à água no 1.º feixe:

$$Q_1 = 11{:}016.000 - 4{:}080.900 = 6{:}935.100 \text{ kcal/h}$$

Podemos fazer então um primeiro balanço térmico:

ENTRADAS DE CALOR		SAÍDAS DE CALOR	
Carvão	16:321.200 kcal/h.	Vapor	11:016.000 kcal/h.
Ar quente	1:016.000 »	Ar quente	1:016.000 »
		Perdas nos gases	1:924.840 »
		Perdas não mencionadas	816.060 »
		Perdas nas cinzas	442.300 »
		Perdas por irradiação	2:122.000 »
	17:337.200 kcal/h.		17:337.200 »

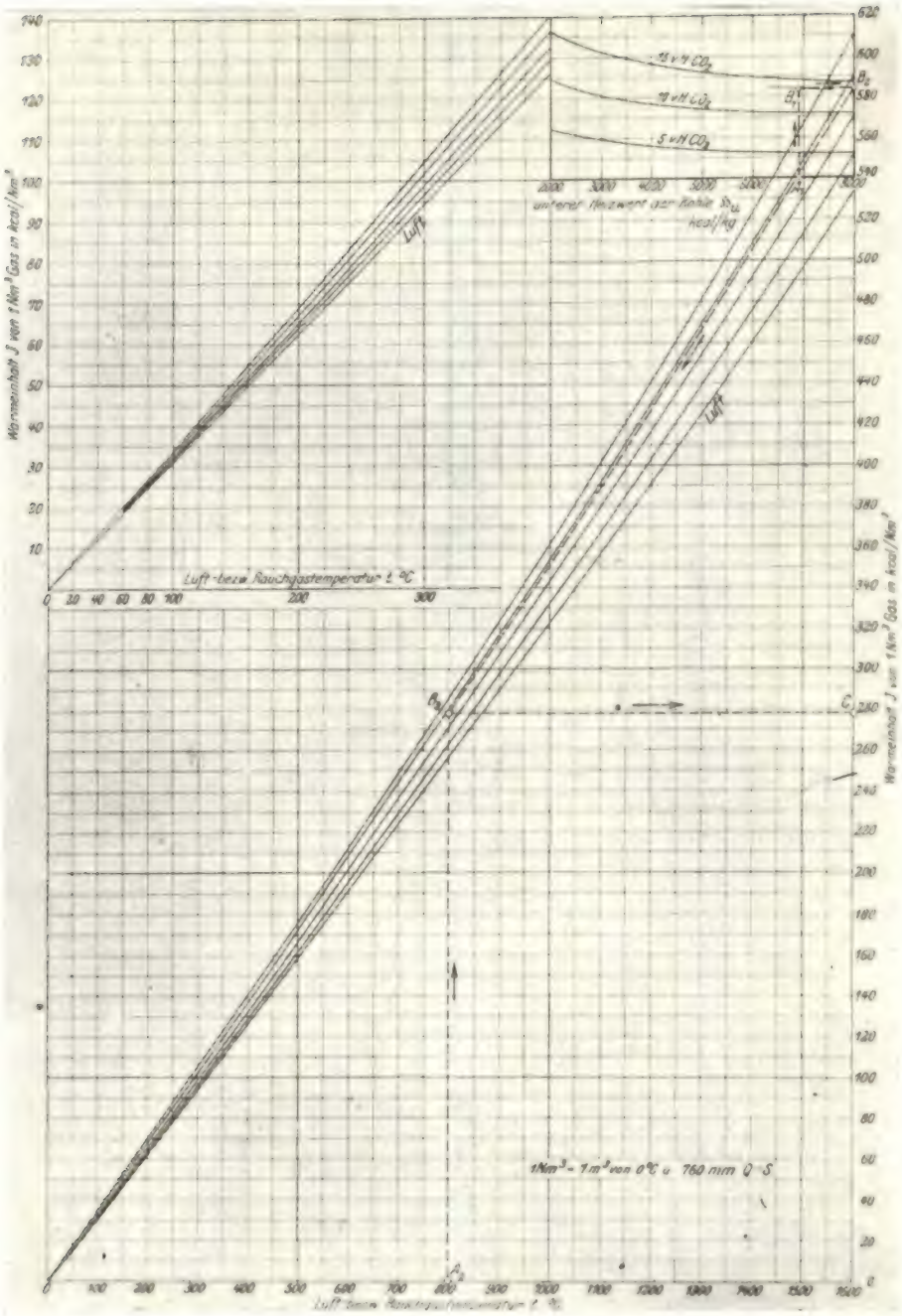


Gráfico 12

CAPÍTULO III

Das temperaturas dos gases ao longo da caldeira

No aquecedor de ar os gases perdem

Calor cedido ao ar $Q_a = 1{:}016.000$ kcal/h.
Calor irradiado 81.800 »
1:097.800 kcal/h.

Antes de entrar no aquecedor de ar os gases têm pois:

$$1{:}097.800 + 1{:}272.000 = 2{:}369.800 \text{ kcal/h.}$$

Dividindo por $N = 24.640$ m³/h. teremos

$$J_1 = 96{,}3 \text{ kcal/Nm}^3$$

e portanto uma temperatura correspondente (gráfico 12) $t_2 = 285^\circ$ C.

Procedendo de igual modo até à entrada dos gases no sobreaquecedor, isto é, à saída do 1.º feixe tubular, teremos em resumo:

	Calor dos gases	Temperaturas
à saída para a chaminé	1:272.000 kcal/h.	160° C.
à saída do economizador	2:369.800 »	285° C.
à saída do 2.º feixe	3:688.000 »	450° C.
à saída do sobreaquecedor	5:156.200 »	610° C.
à saída do 1.º feixe	6:858.900 »	805° C.

À entrada do primeiro feixe tubular já não podemos calcular a temperatura dêste modo, visto que ela depende da câmara de combustão. Mais adiante faremos o seu estudo.

Antes de entrar no estudo pròpriamente dito da caldeira façamos um balanço térmico geral, resumindo todos os valores achados:

Temperatura de saída de gases ..... $t_{sg} = 160^\circ$ C.

Quantidade de calor a ceder ao ar ..... $Q_a = 1{:}016.000$ kcal/h.

Quantidade de calor perdida por irradiação ..... $q_a = 81.800$ »

Quantidade de calor perdida pelos gases $Q_{ta} = 1{:}097.800$ »

Vamos supor êste órgão como indica a fig. 2, esquemàticamente.

A temperatura média dos gases é..... $t_{mg} = 222{,}5^\circ$ C.

A temperatura média do ar é $t_{ma} = 82{,}5^\circ$ C.

Podíamos ter calculado a temperatura dos gases à entrada do aquecedor de ar pela expressão:

$$t_{eg} = t_{sg} + \frac{V_{ar}}{P} + \frac{C_{pmar}\,(t_{sa} - t_{ea})}{\left(1 - \frac{S}{100}\right) C_{pmg}\, N}$$

Diferentes elementos da caldeira	Calor cedido à água kcal/h.	Calor cedido ao ar kcal/h.	Calor irradiado nos diferentes elementos kcal/h.	Soma das quantidades escrituradas nas diferentes Linhas kcal/h.
Câmara de combustão e 1.º feixe tubular	6:935.100		1:632.000	8:568.100
Sobreaquecedor	1:620.900		81.800	1:702.700
2.º feixe tubular	1:305.000		163.200	1:468.200
Economizador	1:155.000		163.200	1:318.200
Aquecedor de ar.....		1:016.000	81.800	1:097.800

CAPÍTULO IV

Cálculo do aquecedor de ar

Dos cálculos anteriores temos:

Temperatura de entrada de ar..... $t_{ea} = 15^\circ$ C.

Temperatura de saída de ar ..... $t_{sa} = 150^\circ$ C.

Temperatura de entrada de gases ..... $t_{eg} = 285^\circ$ C.

Em que: V_{ar} é o volume de ar a aquecer a 0° e 760 m.

P o carvão queimado por hora em kgs.

C_{pmg} o calor específico médio dos gases entre t_{eg} e t_{sg}.

C_{pma} o calor específico médio do ar entre t_{ea} e t_{sa}.

S a percentagem de perdas de calor por irradiação.

Êste cálculo assim feito obrigaria a tentati-

vas no cálculo do calor específico médio dos gases que vem em função da temperatura de gases à entrada.

O método empregado atrás é pois mais vantajoso.

Vamos agora calcular os coeficientes de

Largura	2 m
Altura	3,4 m

Os compartimentos do aquecedor de ar serão de 2 m de largura por 0,04 m de alto. O seu comprimento será calculado depois.

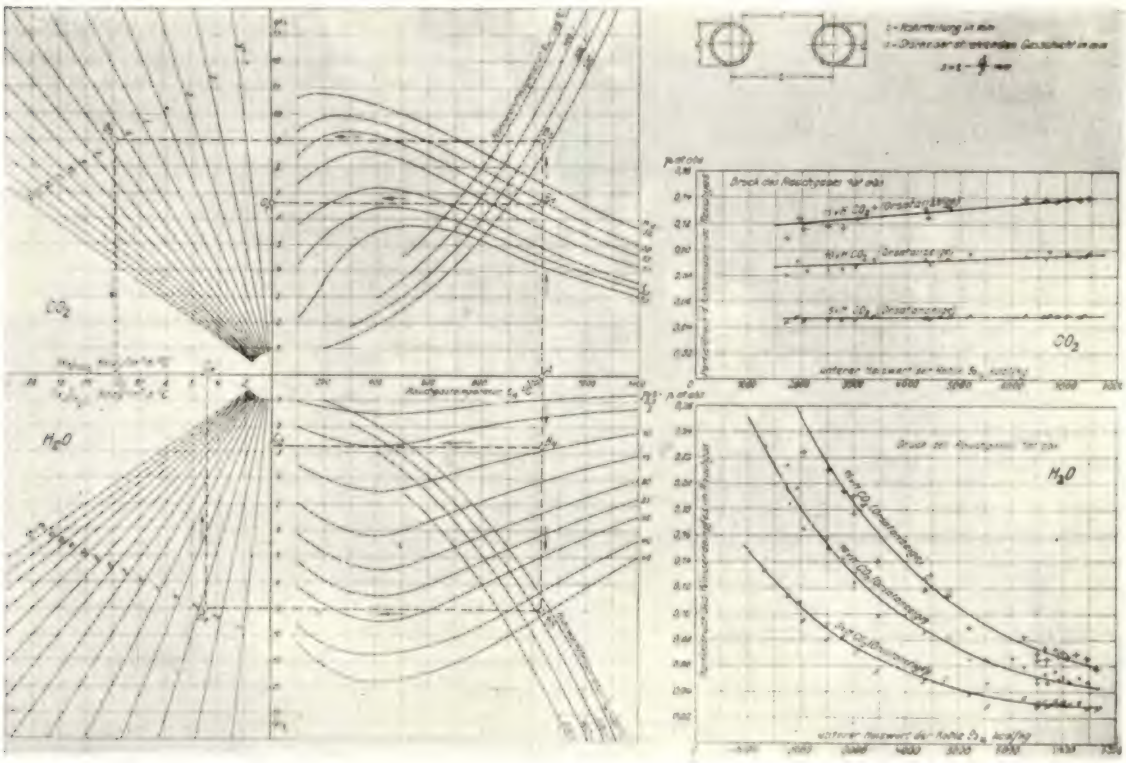


Gráfico 13

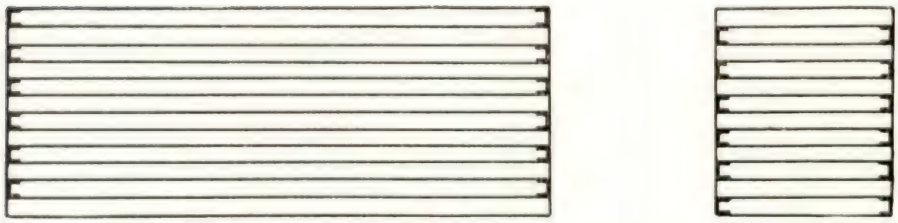


Fig. 2

transmissão de calor dos gases ao ar. Para isso necessitamos de conhecer as velocidades médias do ar e dos gases.

A fig. 1 mostra que as dimensões do espaço que vai ser ocupado pelo aquecedor de ar são, sensivelmente:

Empregando chapas de 3 m/m nas divisórias a altura ocupada por cada compartimento será de 0,043 m e teremos $\frac{34000}{43} \simeq 79$ compartimentos, dos quais 39 serão percorridos pelo ar e 40 pelos gases.

As secções de passagem dos gases e do ar serão:

$$S_g = 40 \times 0{,}04 \times 2 = 3{,}2 \text{ m}^2$$
$$S_a = 39 \times 0{,}04 \times 2 = 3{,}12 \text{ m}^2$$

O volume dos gases à temperatura média tmg = 222,5° c. (gráfico 11) é

$$V_g = 2800 \times 16{,}25 = 45.500 \text{ m}^3/\text{h} . =$$
$$= 12{,}64 \text{ m}^3/\text{seg}$$

e portanto a velocidade média dos gases será:

$$v_{mg} = \frac{12{,}64}{3{,}2} = 3{,}95 \text{ m/seg}$$

O volume do ar a 0° e 760 m/m é:

$V_0 = 23.500 \text{ m}^3/\text{h}$. à temperatura média tma = 82,5

$$V_{tma} = V_0 \left(1 + \frac{tma}{273}\right) = 30.650 \text{ m}^3/\text{h} =$$
$$= 8{,}52 \text{ m}^3/\text{seg}$$

logo a velocidade média do ar é:

$$v_{ma} = \frac{8{,}52}{3{,}12} = 2{,}73 \text{ m/seg}$$

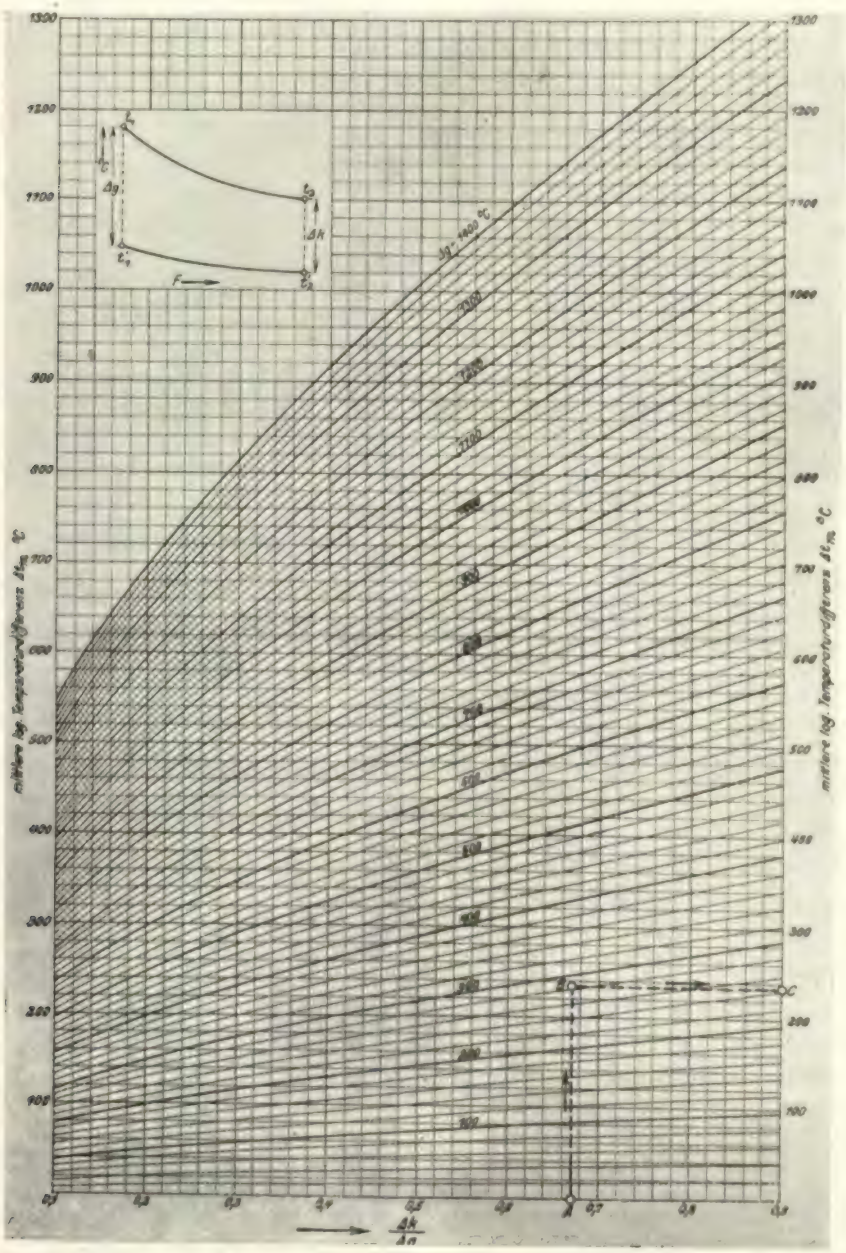


Gráfico 14

Coeficiente de transmissão de calor por convecção dos gases à chapa e da chapa ao ar.

Como se trata de paredes planas, êste coeficiente é dado pelas expressões:

$$\alpha \text{ kcal/m}^2 . \text{h} . {}^\circ\text{c} . = 5 + 3{,}4 \text{ v m/seg}$$
$$\text{para } v \leq 5 \text{ m/seg}$$
$$\alpha \text{ kcal/m}^2 . \text{h} . {}^\circ\text{c} . = 6{,}14 (\text{v m/seg})^{0{,}78}$$
$$\text{para } v > 5 \text{ m/seg}$$

Substituindo os valores vem

$$\alpha_g = 18{,}5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h} . {}^\circ\text{c} .$$
$$\alpha_c = 14{,}3 \text{ kcal/m}^2 \text{ h} . {}^\circ\text{c} .$$

Coeficiente de transmissão de calor por irradiação dos gases à chapa.

Como só se consideram gases activos, para efeitos de irradiação o anidrido carbónico e a água, apenas os gases quentes irradiam calor para as paredes.

O gráfico n.º 13 dá-nos êste coeficiente, para o CO^2 e para a OH^2 em função das temperaturas dos gases e dos tubos, ou paredes, da irradiação do corpo negro (φ), da pressão parcial dos gases a da espessura da camada de gases.

A pressão parcial é dada pelos dois gráficos adicionais à direita em função do poder calorífico inferior do carvão e da percentagem do CO^2 dada pelo aparelho de Orsat. Esta percentagem é de 13 %. Dos gráficos tiramos as pressões parciais

$$CO^2 \quad p = 1{,}2 \text{ atm. absol.}$$
$$OH^2 \quad p_1 = 0{,}075 \text{ atm. absol.}$$

Visto serem paredes planas a espessura das camadas de gases é $s = 40$ m/m.

Entrando no gráfico com $t_{mg} = 222{,}5^\circ$ C. e supondo a temperatura das paredes a média entre as temperaturas médias do ar e dos gases $152{,}5^\circ$ C. vem:

CO^2 $p_s = 4{,}8$ $\varphi_1 = 6{,}5$ $C_1 = 1$ Kcal/m². h.°C
OH^2 $p_1 s = 3$ $\varphi_2 = 1{,}75$ $C_2 = 0{,}5$ Kcal/m². h.°C

Temperatura média de transmissão

Esta temperatura pode ser calculada por fórmulas, sendo as mais usadas as seguintes:

$$\theta_m = \frac{\theta_A - \theta_e}{\log_e \left(\frac{\theta_A}{\theta_e}\right)} \quad \text{e} \quad \theta_m = \frac{t_{eg} - t_{sg}}{2} - \frac{t_{sa} - t_{ea}}{2}$$

Sendo θ_A e θ_e as diferenças de temperaturas entre os fluidos respectivamente à entrada e à saída.

Embora neste caso se deva empregar a segunda fórmula, que nos dá resultados mais exactos, como exemplo empreguemos o gráfico N.º 14 que nos dá a temperatura média de transmissão calculada pela primeira fórmula.

Êste gráfico dá a temperatura média de transmissão em função das diferenças de temperaturas à entrada (Δ_g) e à saída (Δ_k).

Temos então:

$$\Delta_g = t_{eg} - t_{sa} = 285 - 150^\circ = 135^\circ$$
$$\Delta_k = t_{sg} - t_{ea} = 160 - 15^\circ = 145^\circ$$
$$\frac{\Delta_k}{\Delta_g} = 1{,}075$$

que está fora do gráfico, mas entremos com êste valor supondo as linhas prolongadas e vamos achar $\theta_m \cong 135^\circ$.

Calculando pela segunda fórmula, que agora nos traz maior exactidão achamos

$$\theta_m = 140^\circ \text{ C} .$$

O coeficiente total de transmissão de calor dos gases à chapa é:

$$K_1 = \alpha_g + C_1 + C_2 = 20 \text{ Kcal/m}^2 . \text{h}^\circ . \text{C}.$$

O coeficiente de transmissão de calor da chapa ao ar é:

$$\alpha_c = 14{,}3 \text{ Kcal/m}^2 . \text{h}^\circ \text{ C}$$

O coeficiente de transmissão de calor por condutibilidade da chapa é $\lambda = 40$ Kcal/m² h. °C. m de espessura.

O coeficiente total de transmissão de calor dos gases ao ar é:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{\alpha_c} + \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{14{,}3} + \frac{0{,}003}{40}} =$$
$$= 8{,}33 \text{ Kcal/m}^2 . \text{h}^\circ . \text{C}.$$

sendo δ a espessura da chapa, que ja vimos ser $\delta = 0{,}003$ m.

Cálculo da superfície de aquecimento:

Como $Q_a = K S \theta_m$ vem

$$S = \frac{Q_a}{K \theta_m} = \frac{1{:}016.000}{8{,}33 \times 140} = 872 \text{ m}^2$$

O CARUNCHO

Quando uma madeira está destruída pelas plantas fungosas diz-se vulgarmente que *está carunchosa.*

De-facto o Caruncho é o responsável pelos estragos mais correntes, ainda que outras variedades fungosas tomem também a sua quota parte neles.

É bom não esquecer que a humidade é a mais dedicada aliada dêstes inimigos da madeira. No entanto se a madeira estiver absolutamente impregnada de água está imunizada da invasão. Um ataque fungoso só é favorecido quando a saturação húmida ande à volta de 20 25 % para o *Merulius* e 25/30 % para as outras espécies.

A madeira sêca ao ar contém cêrca de 15/18 % de humidade. As madeiras dos móveis e que ficam no interior da casa, quando esta fôr bem ventilada e tenha aquecimento, contêm apenas 12 %.

O calor favorece a germinação das plantas parasitárias e a temperatura mais propícia é de 75 a 90° F. Os fungos entram em letargia, isto é, perdem as suas actividades numa temperatura inferior a 40° F e morrem se os submetermos a um calor húmido de 100 F. O ar é necessário para a vida, contudo as espécies vegetais que atacam as madeiras vivem mais desafogadamente numa atmosfera viciada.

Os fungos aparecem mais freqüentemente ao longo das nervuras ou nas faces da superfície ou ainda nos estalados da madeira. Têm o aspecto de rendas finas e a sua propagação verifica-se por finos tubos ou cordõezinhos ocos. Cada um dêstes cordões denomina-se *Hyphae* e um agrupado dêles chama-se *Mycelium.* A *Hyphae,* penetrando na madeira, absorve as gomas, os açúcares e tôdas as demais matérias orgânicas existentes nas células e nos próprios capilares da seiva. Desta forma a madeira perde o seu pêso e a sua fôrça, torna-se sêca e quebradiça, e nesse estado decadente denomina-se «Carunchosa».

O conjunto dos cordõezinhos forma a planta pròpriamente dita, a qual se expande por meio dos seus órgãos reprodutores (corpos frutificadores).

Nalgumas variedades os órgãos reprodutores assemelham-se a cogumelos e noutras têm o aspecto de «suspiros» (doces de clara de ovo batida).

Um incontável número de *esporos* que nestas espécies botânicas correspondem aos óvulos das plantas *faanerogâmicas* (sementes) encontram-se nos corpos reprodutores dos fungos. Estas sementes são microscópicas e cada corpo reprodutor produz milhões dêles, que podem permanecer longos anos em estado de inércia absoluta para entrarem em franca actividade logo que as condições do meio lhes sejam favoráveis.

Freqüentemente pregunta-se — Como entra o Caruncho no madeiramento?

A resposta é esta... Os esporos dos fungos (sementes) encontram-se disseminados pelo chão, nos combustíveis tais como a lenha e o carvão, etc. Tal como acontece com o pólen das flores, o vento encarrega-se de transportar os esporos das plantas fungosas para distâncias muito grandes, e basta que ali encontrem humidade para imediatamente se formar um novo filamento de Hyphae, que se agrupa com outros, produzindo um Mycelium e portanto uma nova vegetação.

Merulius Lacrymans — O mais vulgar e destruïdor dos fungos é o terrível Merulius, que prefere as seivas das madeiras macias mas que também ataca as madeiras duras. Êste fungo desenvolve-se activamente num meio quieto e húmido, formando almofadas macias e brancas de neve, sôbre as quais aparecem manchas amareladas quando se expõe à luz. Às vezes produz umas gotas de humidade, de onde deriva o seu nome Lacrymans (chorão).

Por vezes o Merulius reveste as faces interiores dos roda-pés, guarnições e soalhos, dando a impressão de lâminas ou películas de uma côr amarelo-claro ou cinzento salpicadas de lilás ou amarelo brilhante. Produz uns cordões ou filamentos que variam de espessura, desde o calibre de uma linha de costura até à

grossura de um lápis. À procura de novos campos onde possa exercer a sua acção, expande-se por vezes sôbre materiais inertes, dos quais não tira proveito algum, tais como tejolo, pedra, metais, etc., e quantas vezes chega a infiltrar-se através de uma parede de tejolo, perfurando a argamassa. Os cordões fungosos levam consigo reservas de alimento e água que êles vão chupar onde ela se encontra e com a qual êles conseguem obter um meio favorável nalgum ponto onde a madeira se encontre enxuta, e assim êles próprios conseguem estabelecer as suas especiais condições de ataque.

É esta faculdade de conseguir por suas próprias possibilidades as necessárias condições de vida que tornam o Merulius particularmente perigoso, porque êle tem facilidade de se deslocar de quarto para quarto e de casa para casa.

Depois de um certo tempo o Merulius apresenta o seu corpo reprodutor ou frutificador, que espalha à sua volta milhões de esporos microscópicos com capacidade para produzirem novas sementeiras através do próprio ar.

Os corpos reprodutores atingem até 30 centímetros ou mais de diâmetro, são macios, robustos e semelhantes a «suspiros» (confeitaria), os seus bordos são brancos ou tintos de lilás. Cada um dêles é uma rêde de poros sôbre os quais os esporos se depositam, de uma côr vermelho ferrugenta e em tal abundância que se espalham pelos objectos em redor, deixando-os cobertos de uma poeira avermelhada. Os esporos (sementes) podem permanecer muito tempo aguardando condições favoráveis para a sua vegetação.

A madeira atacada pelo *Merulius Lacrymans* tem um aspecto de queimada, tornando-se leve e sêca, reduzindo-se a pó à mais pequena pressão, abre rachas fundas e transversais ou a favor do veio, desorganizando-se em pedaços cubicados. A madeira assim destruída torna-se acastanhada e perde o seu cheiro resinoso característico.

No próximo número falaremos sôbre outros tipos de fungos, *Poria Vaporária, Coniophora Cerebella, Paxillus Pannoides,* etc., e como se podem eliminar por meio do processo CUPRINOL.

Fabricado e patenteado por CUPRINOL, Ld., Bristol - Inglaterra
Distribuído por JENSON & NICHOLSON, Ld., Londres

Distribuidores exclusivos para Portugal e Colónias

Sociedade Robbialac, Limitada

Rua Nova do Carvalho, 15, 1.º—LISBOA—Telef. (P. B. X.) 2 7000

Depositário no PORTO

DROGARIA TIAGO DA COSTA

RUA S. JOÃO, 33—PORTO

P R E Ç O S

(O galão inglês tem 4,5 litros)

5 galões	300$00
1 galão	70$00
1/2 galão	37$50
1/4 galão	20$00
1/8 galão ou pinta	11$00
1/16 galão ou 1/2 pinta	6$00

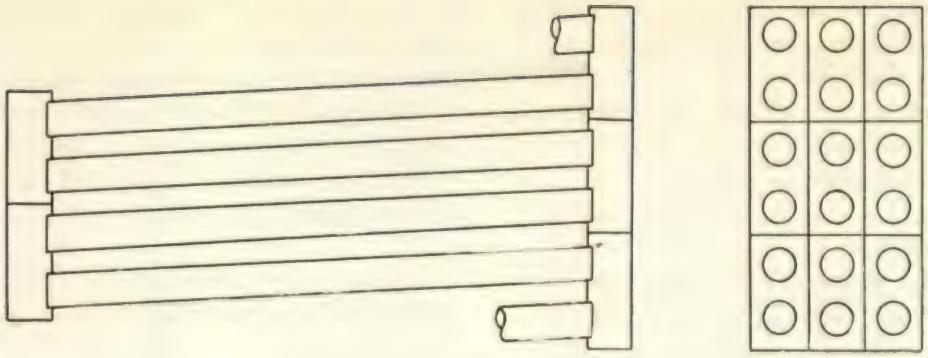


Fig. 3

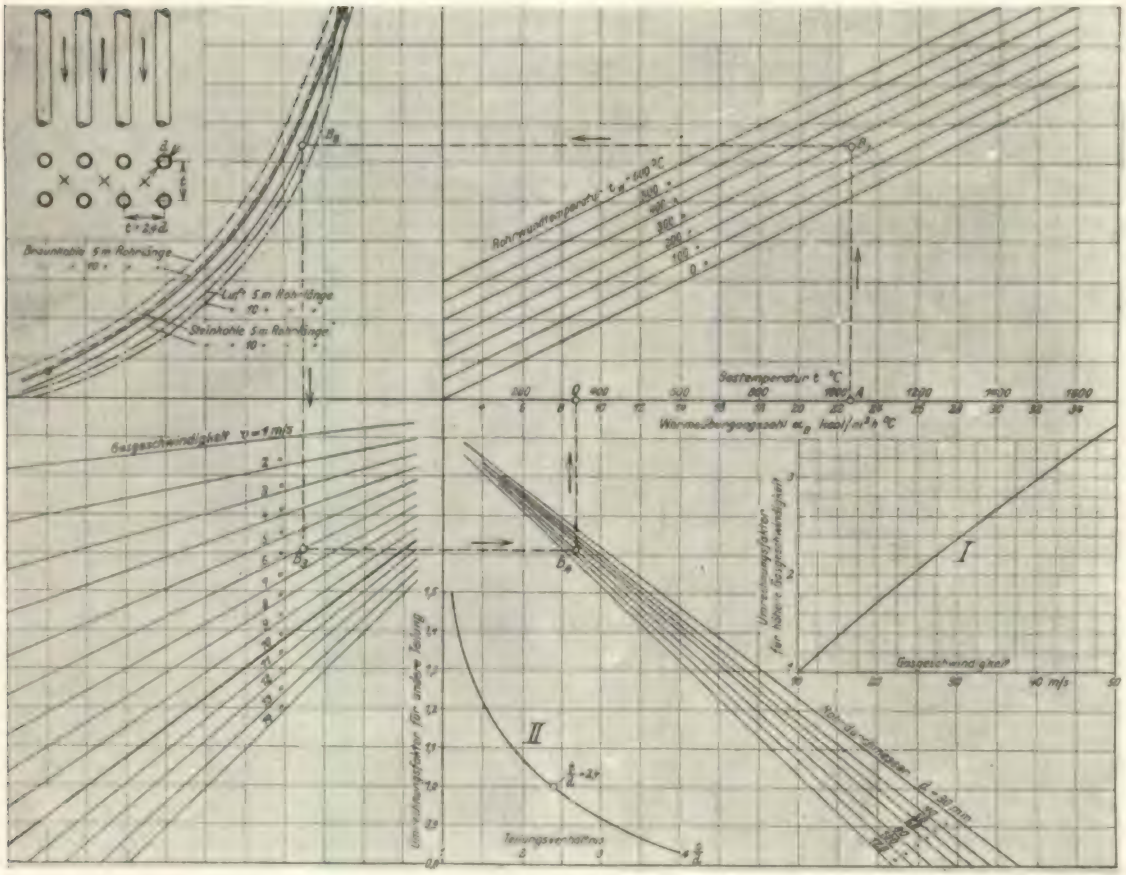


Gráfico 15

Como temos 78 paredes de divisão entre os gases e o ar com a largura de 2 m, o comprimento terá de ser:

$$h = \frac{872}{78 \times 2} \cong 5{,}6 \text{ m.}$$

CAPÍTULO V

Cálculo do economizador

Já sabemos os seguintes valores:

Temperatura de entrada de gases $t_{eg} = 450^{\circ}$ C.
» » saída » » $t_{sg} = 285^{\circ}$ C.

Temperatura de entrada » água $t_{ea} = 16^{o}$ C.
» » saída » » $t_{sa} = 93^{o}$ C.
Quantidade de calor a ceder à água..... $Q_e = 1{:}155.000$ kcal/h.
Quantidade de calor perdida por irradiação..... $q_e = 163.200$ »
Quantidade de calor perdida pelos gases $Q_{te} = 1{:}318.200$ »
Temperatura média dos gases $t_{mg} = 367{,}3^{o}$ C.
» » da água... $t_{ma} = 54{,}5^{o}$ C.

Façamos um esbôço do economizador (fig. 3) que é constituído por serpentinas, com troços de tubos entre curvas com 2 m de comprimento, colocadas umas ao lado das outras.

No aquecedor de ar deixámos a determinação do comprimento das chapas para o fim, condicionada pela superfície necessária para o aquecimento. Tomemos agora como variável o número de troços, isto é, de voltas de cada serpentina, portanto a superfície de aquecimento, como anteriormente.

Coeficiente de transmissão de calor por convecção dos gases aos tubos

Êste coeficiente é dado pelos gráficos 15, 16 e 17 conforme os gases banham os tubos ao longo ou normalmente aos tubos e, neste último caso, se as fiadas de tubos não são ou são alternadas, em função das temperaturas

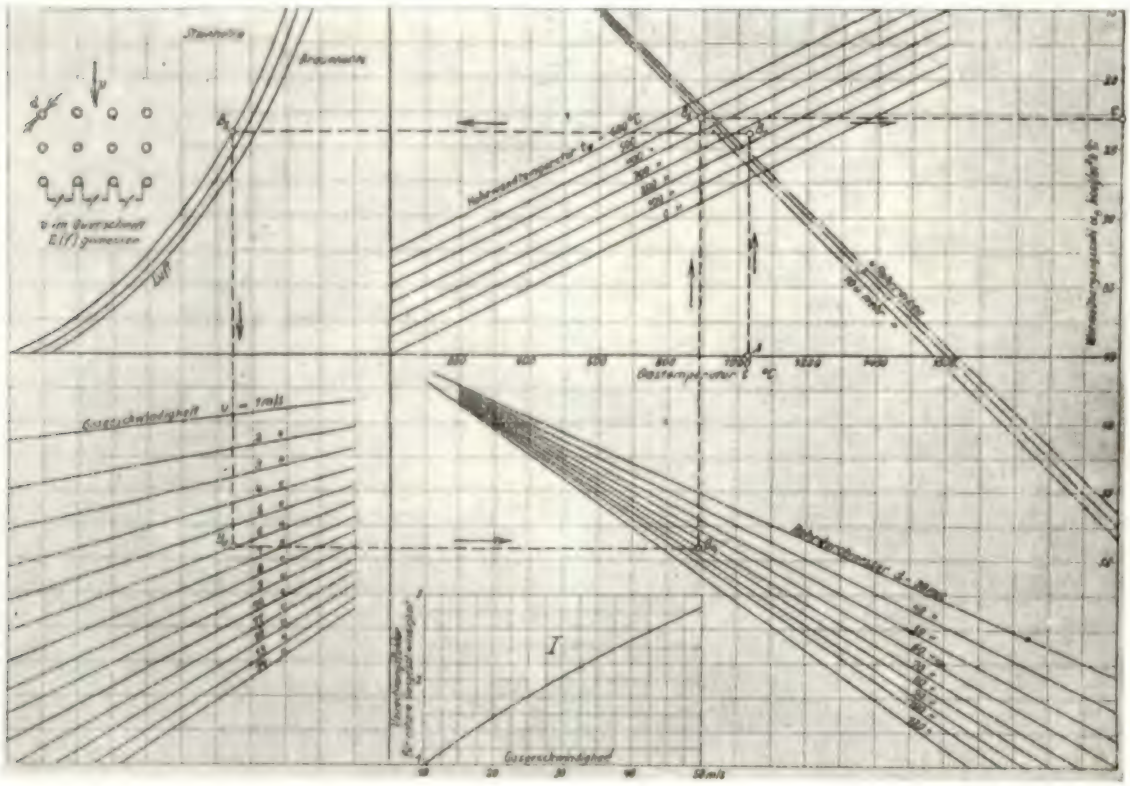


Gráfico 16

Usaremos tubos de 100 m/m de diâmetro com um passo de 210 m/m.

Tomando a mesma altura para o espaço ocupado pelo economizador que a tomada para o aquecedor de ar, isto é, 3,4 m, o número de serpentinas será:

$$n = \frac{3\,400 \text{ m.m}}{210 \text{ m.m}} \simeq 16 \text{ serpentinas}$$

dos gases e dos tubos, da qualidade de combustível, da velocidade dos gases, do diâmetro dos tubos e ainda, nos dois últimos casos, do número de fiadas de tubos e, no primeiro, do comprimento dos tubos.

Em todos êles há um gráfico adicional que nos dá os coeficientes de correcção a usar no caso da velocidade ser superior a 14 m/seg,

em função do coeficiente calculado supondo a velocidade de 10 m/seg.

É necessário calcular a velocidade média dos gases.

Volume dos gases à temperatura $t_{mg} = 367{,}5$ C.
$V_g = 16{,}34$ m³/seg (gráfico 11).

Secção de passagem

Esta secção é igual à secção total

$$S_t = 2 \times 3{,}4 = 6{,}8 \text{ m}^2$$

diminuída da secção ocupada pelos tubos

$$S = 16 \times 0{,}1 \times 2 = 3{,}2 \text{ m}^2$$

A secção de passagem é:

$$S_p = 6{,}8 - 3{,}2 = 3{,}6 \text{ m}^2$$

e a velocidade média dos gases será:

$$v_{mg} = \frac{16{,}34}{3{,}6} = 4{,}54 \text{ m/seg}$$

Entrando no gráfico 16 supondo que há mais de 10 fiadas, ou seja, mais de 10 voltas em cada serpentina, com os valores já conhecidos e tomando para temperatura dos tubos uma temperatura de 50° acima da temperatura média da água, isto é, $t \cong 105°$ C., obtemos:

$$\alpha_B = 21{,}5 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h.}° \text{C.}$$

Coeficiente de transmissão de calor por irradiação dos gases aos tubos

Determina-se idênticamente ao aquecedor de ar, mas, como agora são tubos, a espessura da camada de gases é:

$$S = t - \frac{d}{2} = 160 \text{ m.m}$$

Do gráfico 13 vem:

CO^2 $p_1 = 0{,}12$ at. ab. $p_1 S = 19{,}2$ $\varphi_1 = 9{,}75$
$C_1 = 2{,}5$ kcal/m². h. ° c.

OH^2 $p_2 = 0{,}075$ at. ab. $p_2 S = 12$ $\varphi_2 = 5{,}2$
$C_2 = 1{,}5$ kcal/m². h. ° c.

Como os coeficientes de transmissão de calor por condutibilidade dos tubos e por convecção dêstes à água são muito grandes em relação aos achados, pudemos supor que a transmissão de calor se faz directamente dos gases à água e então teremos um

Coeficiente total de transmissão de calor

$$K = \alpha_B + C_1 + C_2 = 25{,}5 \quad \text{kcal/m}^2 \text{. h. °c.}$$

Temperatura média de transmissão

$$\Delta_g = 450 - 16 = 434 \qquad \frac{\Delta_k}{\Delta_g} = 0{,}442$$
$$\Delta_k = 285 - 93 = 192$$

Do gráfico 14: $\theta_m = 300°$ c.

Cálculo da superfície de aquecimento

$$S = \frac{Q_e}{K\,\theta_m} = \frac{1{:}155.000}{25{,}5 \times 300} = 151 \text{ m}^2$$

Como temos em cada fiada 16 tubos, número de serpentinas, de 100 m/m de diâmetro e 2 m de comprido, a superfície duma fiada é:

$$S_1 = \pi \times 0{,}1 \times 2 \times 16 = 10{,}05 \text{ m}^2$$

O número de fiadas, ou voltas da serpentina é:

$$n = \frac{151}{10{,}05} = 15 \text{ fiadas}$$

Quando do cálculo de α_B supuzemos que eram mais de 10 as fiadas e assim é. Se o não fôsse entraríamos de novo no gráfico com o número de fiadas achadas e determinaríamos novo coeficiente α_B. Com êste valor achava-se a superfície de aquecimento e verificávamos se o número de fiadas dava o mesmo; repetindo esta operação tantas vezes quantas as necessárias até acertar.

CAPÍTULO VI

Cálculo do 2.° feixe tubular

Valores já conhecidos

$t_{eg} = 610°$ c.
$t_{mg} = 530°$ c.
$t_{sg} = 450°$ c.
$t_{ea} = 93°$ c.
$t_{ma} = 136°{,}5$ c.
$t_{sa} = 180°$ c.
$Q_2 = 1{:}305.000$. kcal/h.
$q_2 = 163.200$. kcal/h.
$Q_{12} = 1{:}468.200$. kcal/h.

Do esquema da caldeira tiramos aproximadamente

Comprimento dos tubos
do 1.º feixe tubular 7,2 m
Comprimento dos tubos
do 2.º feixe tubular 6,5 m

Supunhamos que empregamos tubos de $d = 70$ m/m com um passo de $t = 142{,}8$ m/m, isto é: $\frac{t}{d} = 2{,}04$.

Arbitrámos em 4 m a largura da caldeira, visto que supuzemos o aquecedor de ar e o economizador, um ao lado do outro, com 2 m de largura em cada, devido à largura da grelha, 1.º com 4, a superfície total de aquecimento será:

$S_t = 377{,}6$ m² o que dá uma vaporização de

$V = \frac{15.000}{377{,}6} = 39{,}8$ Kgr/m².h o que é um valor normal

Como já arbitrámos a superfície de aquecimento e a quantidade de calor a ceder à água, teremos de escolher para variável o coeficiente de transmissão de calor por convecção dos gases aos tubos que é o único dependente da velocidade dos gases; logo a nossa variável será no fundo a secção de passagem dos gases, que podemos variar afastando ou juntando as paredes de tôpo visto que nas laterais não podemos mexer.

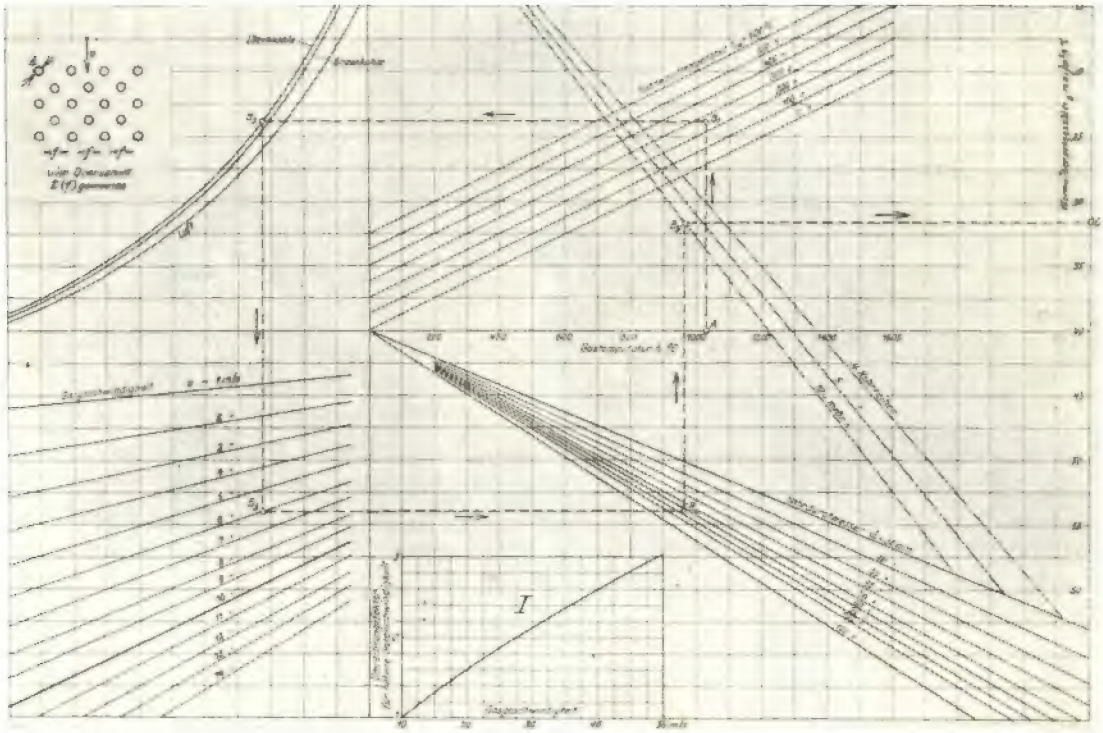


Gráfico 17

O número de tubos por fiada será:

$$n = \frac{4.000}{142{,}8} = 28 \text{ tubos/fiada}$$

Superfície duma fiada do 1.º feixe tubular

$$S_1 = 28 \times 7{,}2 \times \pi \times 0{,}07 = 44{,}4 \text{ m}^2$$

Superfície duma fiada do 2.º feixe tubular

$$S_2 = 28 \times 6{,}5 \times \pi \times 0{,}07 = 40 \text{ m}^2$$

Supunhamos o 2.º feixe com 5 fiadas e o

No caso de não se poder proceder assim, podemos variar o comprimento dos tubos e neste caso determinaríamos os coeficientes de transmissão primeiro, e depois a superfície de aquecimento.

O que dissemos é aplicável a caldeiras com tubos de grande inclinação ou verticais.

Se os tubos estiverem pouco inclinados, usaremos o processo empregado no economizador, isto é, variaríamos o número de fiadas. Podemos também variar o comprimento dos tubos, mas êste processo é sempre mau porque nos vai obrigar a fazer tentativas morosas.

Coeficiente total de transmissão de calor

A temperatura média de transmissão é:

$$\Delta_g = 610 - 180 = 430 \quad \frac{\Delta_k}{\Delta_g} =$$

$$\Delta_k = 450 - 93 = 357$$

$$= 0{,}83, \text{ do gráfico } 14 \quad \theta_m = 390^\circ \text{ C.}$$

a superfície de aquecimento do 2.º feixe é:

$$S_2 = 28 \times 5 \times 6{,}5 \times \pi \times 0{,}07 = 200 \text{ m}^2$$

então

$$K = \frac{Q_2}{S\theta_m} = \frac{1{:}305.000}{200 \times 390} = 16{,}75 \text{ Kcal/m}^2\text{. h.}^\circ \text{ C.}$$

Coeficiente de transmissão por irradiação dos gases aos tubos

Supuremos a temperatura dos tubos de $t_{ma} + 50^\circ = 190^\circ$ C.

O gráfico 13 dá:

CO^2 $p_1 = 0{,}12$ $s = 107{,}8$ m/m $p_1 s = 12{,}92$
$\varphi_1 = 8{,}5$ $c_1 = 4{,}5$ Kcal/m² h.º C.
OH^2 $p_2 = 0{,}075$ $s = 107{,}8$ m/m $p_2 s = 8{,}07$
$\varphi_2 = 3{,}7$ $c_2 = 2$ Kcal/m² h.º C.

Coeficiente de transmissão de calor por convecção dos gases aos tubos

Como o coeficiente total tem de ser $K = 16{,}75$ Kcal/m². h.º C. e o de irradiação é $C_1 + C_2 = 6{,}5$ Kcal/m². h.º C., o coeficiente de transmissão por convecção terá de ser:

$$\alpha_B = K - (C_1 + C_2) = 10{,}25 \text{ Kcal/m}^2\text{. h.}^\circ \text{ C.}$$

Agora os gases percorrem os tubos segundo o seu comprimento, por isso usaremos o gráfico 15.

O gráfico adicional II dá-nos as correcções a fazer no caso de $\frac{t}{d}$ ser diferente de 2,4 para o qual o gráfico foi construido.

Para o caso $\frac{t}{d} = 2{,}04$ o coeficiente de correcção é

$$x = 1{,}07$$

portanto o gráfico deverá dar

$$\alpha'_B = \frac{\alpha_B}{1{,}07} = 9{,}6 \text{ Kcal/m}^2\text{. h.}^\circ \text{ C.}$$

Entrando no gráfico por um lado com as temperaturas dos gases e dos tubos, com a qualidade de carvão e o comprimento dos tubos, e por outro lado com o coeficiente α'_B e diâmetro dos tubos achamos uma velocidade de gases

$$v_{mg} = 4{,}7 \text{ m/seg}$$

Secção de caldeira no 2.º feixe tubular

O volume médio dos gases (gráfico 11) é $V_{mg} = 20{,}2$ m³/seg.

Como a velocidade dos gases é $v_{mg} = 4{,}7$ m/seg a secção de passagem terá de ser:

$$S_p = \frac{20{,}2}{4{,}7} = 4{,}34 \text{ m}^2$$

A secção ocupada pelos tubos é:

$$S' = 28 \times 5 \times \frac{\pi\, 0{,}07^2}{4} = 0{,}54 \text{ m}^2$$

logo a secção total terá de ser:

$$S_t = 4{,}34 + 0{,}54 = 4{,}88 \text{ m}^2$$

Como a largura é de 4 m o comprimento será de 1,22 m.

Fig. 1 — Fotografia aérea de Roterdão mostrando a tracejado o local do túnel

O túnel sob o Mosa em Roterdão

O enorme desenvolvimento da cidade de Roterdão, que se estende ao longo do rio Mosa, levou à necessidade do estabelecimento de fáceis comunicações entre as duas margens.

Para que a circulação fluvial não fôsse perturbada duas soluções foram estudadas: Ou uma ponte fixa elevada ou um túnel. Foi adoptada a segunda solução por ser a mais económica.

O acêsso ao túnel é feito por duas rampas de 120m de comprido e de duas faixas de 15 metros, cada, com uma inclinação de 28,5 : 1. A rampa começa a céu aberto, mas logo que a altura dos muros de suporte atinge seis metros, transforma-se em túnel. Os cortes transversais do túnel sob as margens e sob o rio são os representados na figura 2.

O acesso ao túnel dos peões e ciclistas faz-se por meio de escadas rolantes. Dois edifícios de ventilação, colocados no eixo do túnel e separando a parte fluvial da terrestre, com 16 ventiladores helicoidais e um centrífugo, um edifício em cada margem, asseguram a ventilação. Não há necessidade de condutas longitudinais pois a ventilação faz-se a partir das duas margens.

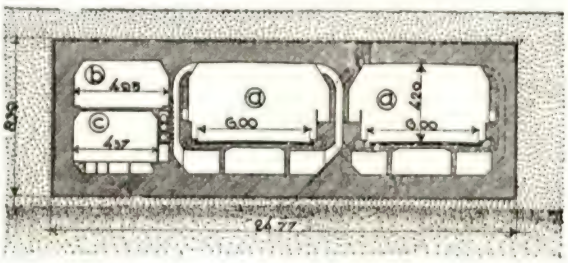


Fig. 2 — Corte transversal do túnel fluvial

As águas das chuvas, das lavagens e de algum incêndio são evacuadas por três grupos de bombas.

A parte mais interessante da construção é a que se refere ao túnel fluvial. Devido à grande experiência que os holandeses têm do emprêgo de grandes corpos flutuantes, do seu afundamento, das dragagens no leito

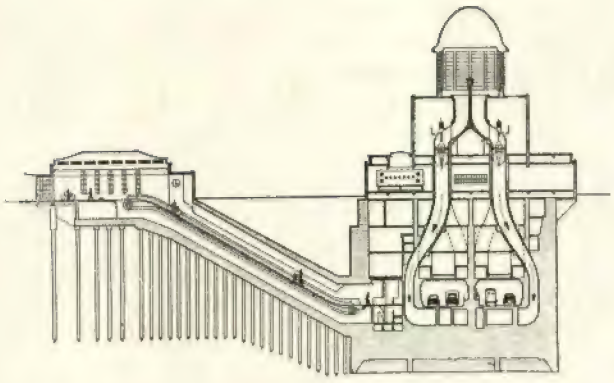


Fig. 3 — Corte no edifício de ventilação mostrando as escadas rolantes

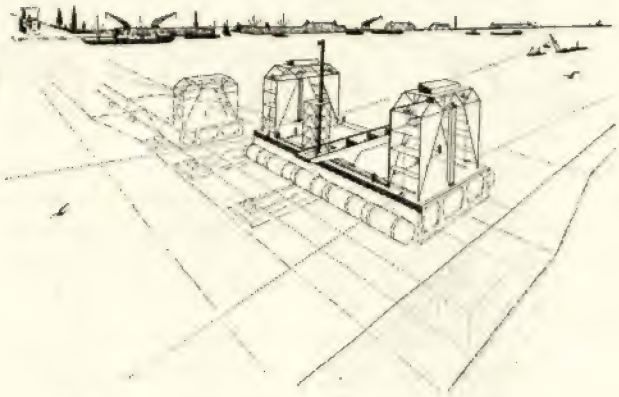


Fig. 4 — Afundamento dum trôço do túnel

dos rios, etc., resolveram construir o túnel por afundamento.

Foi necessário cavar, através do rio, uma trincheira de 12^{m} de profundidade abaixo do leito do Mosa. Em seguida foram afundados nessa trincheira nove troços do túnel — com aproximadamente 61^{m} de comprimento, 25^{m} de largura e 8 a 9 de altura — nos 550^{m} entre as duas tôrres de ventilação.

A construção dêstes troços foi especialmente cuidada. Para assegurar uma estanquïdade absoluta das paredes em betão do túnel, foi todo o perfil envolvido por uma chapa de aço de 6^{mm} de espessura, soldada elèctricamente e protegida contra a ferrugem por uma camada de betão de 10 cm. Antes de afundados os troços do túnel, eram as suas aberturas laterais tapadas por divisórias temporárias em betão.

O esquema da fig. 4 dá a idéia do afundamento dum trôço do túnel. O trôço depois de afundado fica assente sôbre 2 espaldares de betão. Torna-se então necessário aterrar cuidadosamente o espaço compreendido entre a base do túnel e o terreno. Para isso foi empregado um aparelho hidráulico, que permitiu um atêrro perfeito. Êste aparelho estava montado sôbre o pórtico situado entre as duas tôrres metálicas que se elevam nas extremidades dos troços do túnel (ver fig. 4).

Logo que os troços foram afundados, deixando entre êles um espaço de 1 m, foi necessário ligá-los, isto é, construir o metro de túnel que faltava. Começaram por se construir as paredes laterais provisórias dêste metro de túnel. Para isso introduziram-se cofragens prèviamente estudadas em ranhuras existentes para êsse fim nas extremidades dos troços e betonou-se.

Estabelecidas estas paredes verticais fez-se a ligação dos tetos com auxílio duma campânula de ar comprimido que se adaptou à parte superior dos dois troços contíguos. Faltava ligar a lage inferior. Para isso expulsou-se a água desta parte do túnel e, como o primeiro trôço foi construído permitindo a penetração no seu interior e o estabelecimento de canalizações de ar

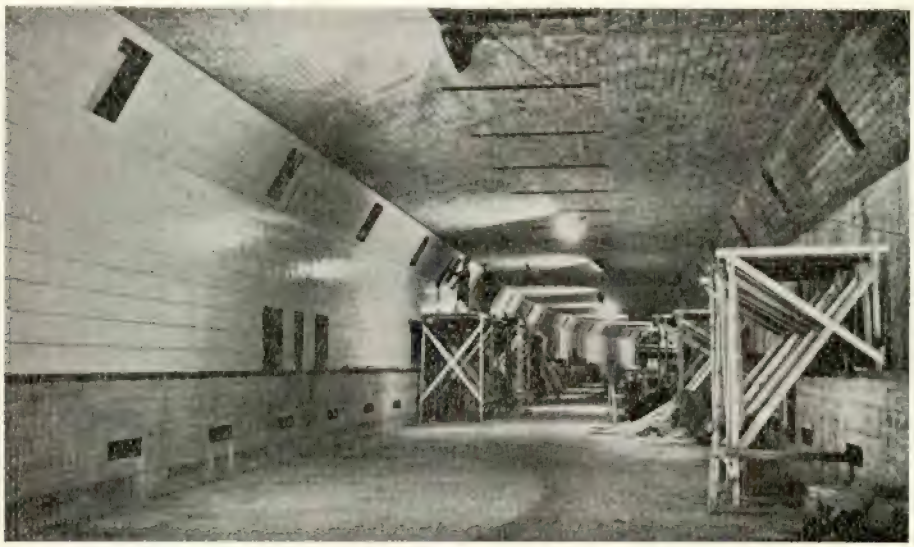


Fig. 4 — Acabamento do túnel

comprimido, destruindo a divisória passou-se a trabalhar no pequeno trôço de um metro, construindo o fundo e as paredes laterais definitivas.

Continuou-se do mesmo modo para os outros troços. A construção do túnel nas margens apresentava o inconveniente da existência dum lençol de água sob pressão. Procedeu-se á cravação de estacas pranchas e para que a água não entrasse, pela parte inferior da estaca, para dentro do recinto isolado, foi necessário baixar o nível do lençol por meio de poços filtrantes. Devido à grande profundidade dêstes poços usaram-se bombas imersas.

As fundações do edifício de ventilação foram construídas utilizando caixões de ar comprimido. Mas um caixão tão pesado como o que teve de ser empregado apresenta grandes inconvenientes sobretudo no comêço do trabalho porque enquanto o betão não endurece é necessário evitar todos os assentamentos. Por isso construiu-se uma base de betão suficientemente sólida para suportar 7.000 T. e começou-se a construir, sôbre ela, o caixão. Logo que êste teve 5 m de altura destruiu-se a base de betão e começou o afundamento.

A extracção dos detritos foi feita por sucção: Desmontou-se o terreno por meio de jactos de água sob pressão e a mistura assim obtida foi aspirada por bombas centrífugas e depositada junto da margem.

Da «Technique des Travaux» — Março 1940

Um grande edifício para habitação, dividido em "appartements"

Fig. 1 — Fachada principal

O problema da habitação tem sido muito mal resolvido em Portugal. Não é que se não construam muitas casas e com tôdas as comodidades modernas. Mas o número das suas divisões é muito grande e as rendas elevadíssimas para o nosso nível de vida. Seria uma solução a construção de edifícios como aquele a que nos vamos referir?

O edifício compõe-se de cave, r/c e 9 andares, dos quais os 2 últimos estão recuados em relação ao alinhamento dos outros, possuindo por isso esplêndidos terraços. Cada andar tem 3 «appartements», um com 10, outro com 8 e o mais pequeno com 6 divisões A disposição geral vê-se perfeitamente na fig. 2.

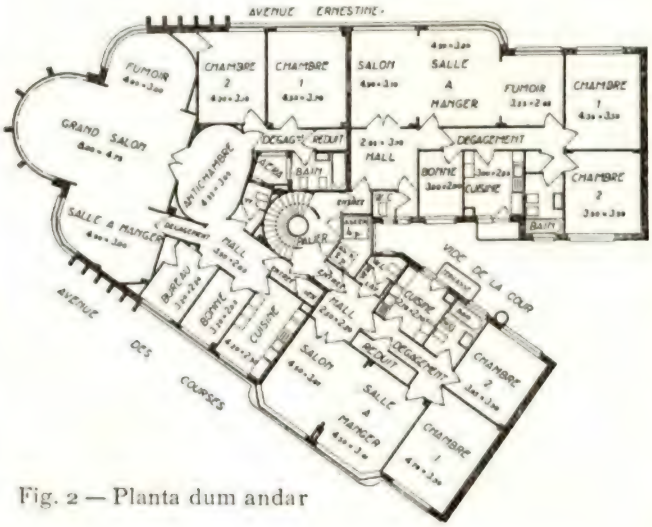


Fig. 2 — Planta dum andar

No r/c existem, além do «Hall» de entrada, 11 garagens e 7 quartos para criados.

Na cave está instalado o aquecimento, a câmara de incineração dos lixos, os depósitos de carvão, os contadores, a cabine de transformação de corrente eléctrica, etc.

A instalação de aquecimento, distribui calor e água quente conforme as necessidades dos habitantes que beneficiam assim da distribuïção de água quente durante todo o ano por uma despesa mínima.

Da "Technique de Travaux"

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

Utilisation des Combustibles

Por A. SIRON

Librairie Polytèchnique, Ch. Béranger
Paris, 1939 — 150 frs.

O autor reproduz neste livro as lições dadas no curso de Tecnologia do Gás destinado ao pessoal técnico da Fábrica de Gás de Bruxelas, de que é engenheiro. Como alguns dos seus alunos apenas tinham uma preparação científica rudimentar ao contrário de outros que possuiam cursos mais ou menos extensos de escolas técnicas profissionais, o livro está escrito de forma acessível a todos, embora constitua mesmo para as pessoas dotadas de conhecimentos científicos mais completos um guia e uma síntese preciosa da Tecnologia da Indústria do Gás.

A bibliografia mencionada é de grande utilidade para quem queira fazer um estudo mais completo dos diferentes assuntos tratados no livro e põe em relêvo o trabalho do autor que, como muito bem o observa o director da Fábrica de Gás de Bruxelas, Eng.º Welvaert no seu prefácio, teve o mérito de ter agrupado estudos espalhados por numerosas obras e revistas e de ter formado um conjunto que constitue uma Tecnologia do Gás mais adiantada que as numerosas compilações descritivas publicadas até hoje. E assim é, porque ao contrário dos principais tratados, êste livro não contém fastidiosas descrições de processos e aparelhos, procurando antes apresentar os princípios e teorias que regem os tratamentos efectuados, de maneira a fazer prever a evolução dos métodos e técnicas sucintamente descritas.

O Eng.º Welvaert considera dignos de especial interêsse os seguintes assuntos: aplicação ao estudo da gaseificação dos princípios e descobertas de Henry Le Chatelier, aplicação aos fornos da teoria de Groume-Grijmaïlo, explicação teórica dos princípios de base do tratamento do gás por lavagem e o interessante estudo consagrado ao futuro da indústria do gás.

Cada capítulo encerra um determinado número de problemas cuja solução se encontra no fim do livro, o que constitue um método clássico de esclarecer dúvidas e objectivar determinados assuntos e sôbre cujo interêsse é inútil fazer observações.

M. S.

Les chaleurs spécifiques

EDMOND BRUN

Collection Armand Colin — Paris — 202 págs.

Após umas breves noções de Termodinâmica e Calorimetria, trata êste livro da determinação dos calores específicos dos sólidos, gases reais, gases perfeitos e líquidos.

Divide o assunto em 2 partes: resultados experimentais e resultados teóricos, nuns e noutros apresenta os estudos mais recentes, e a precisão com que devem ser aceites.

Esta obra interessa sobretudo os químicos, que utilizam os calores específicos no cálculo das energias livres e constantes de equilíbrio, aos físicos, que se servem dos dados calorimétricos para comparar as diversas teorias sôbre a estrutura da matéria e aos técnicos para o estudo das máquinas térmicas, aparelhos de aquecimento, etc.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Publicações não periódicas

PORTUGAL

Geodesia — Localização das cartas hidrográficas do arquipélago da Madeira no elipsoide internacional. — Separata dos Anais do Clube Militar Naval, pelo 1.º Tenente engenheiro hidrógrafo Pires de Matos.

Abastecimento de Água à cidade de Lisboa — pelo Eng. João Carlos Alves — Separata do Boletim N.º 16, da Comissão de Fiscalização das Obras de Abastecimento de Água à cidade de Lisboa.

Publicações periódicas

PORTUGAL

ANAIS DO CLUBE MILITAR NAVAL — Jan.-Fev. de 1940.

A INDÚSTRIA DO NORTE — N.os 241 e 242, Jan. Fev. de 1940.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — N.º 40, Abril de 1940.

BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA — N.º 17, Março de 1940.

CLÍNICA, HIGIENE E HIDROLOGIA — N.º 3, Março de 1940.

ESTUDOS — REVISTA DE CULTURA E FORMAÇÃO CATÓLICA — N.º 182, Dez. de 1939.

GAZETA DE MATEMÁTICA — N.º 2, Abril de 1940.

GIL VICENTE — N.os 1 e 2, Jan.-Fev. de 1940.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — N.º 145, Mar. de 1940.

O SOLDADOR-CORTADOR — N.º 7, Agosto - Dez. de 1939.

OCIDENTE — N.º 24, Abril de 1940 — Vol. IX.

PUBLICATIONS DU LABORATOIRE DE PHISIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE COIMBRA — N.º 3

RÁDIO-MOÇAMBIQUE — N.º 55, Jan. de 1940 — N.º 56, Fev. de 1940.

LA REVUE DES ROULEMENTS À BILLES — N.º 2 de 1939.

REVISTA DE ARTILHARIA — Nov.-Dez. de 1939, N.ºs 173-174 — N.ºs 175-176, Jan.-Fev. de 1940.

REVISTA DE ENGENHARIA DA AGREMIAÇÃO TÉCNICA PORTUGUESA — N.º 2 de 1940.

REVISTA DOS CENTENÁRIOS — N.ºs 14-15, Fev. e Março de 1940.

SEARA NOVA — N.ºs 659, 660, 661, 662 de 1940.

ALEMANHA

REVISTA SIEMENS — Ano XIX — N.º 2, 1940.

ARGENTINA

LA INGENIERIA — Jan. e Fev. de 1940, N.ºs 1 e 2.

CIENCIA Y TÉCNICA-REVISTA DEL CENTRO DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA — N.ºs 453-454, Março-Abril de 1940

BÉLGICA

BULLETIN DE L'ASSOCIATION INTERNATIONAL DU CONGRÈS DES CHEMINS DE FER — N.º 4, Abril de 1940.

L'OSSATURE MÉTALLIQUE — Abril de 1940, N.º 3.

BRASIL

BOLETIM DE INFORMAÇÕES — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND — N.º 37

INGLATERRA

BRITAIN TO-DAY — N.º 23, Março de 1940.

FRANÇA

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — N.º 92, Jan.-Fev.-Mar. de 1940. N.º 93, Abril de 1940.

REVUE DU NICKEL — N.º 1, Jan. e Fev. de 1940.

HUNGRIA

TECHNIKA — N.ºs 3 e 4, de 1940.

ITALIA

L'ELECTROTECNICA — N.ºs 5 e 6, Mar. de 1940 e N.º 7, Abril de 1940.

L'INGEGNERE — N.º 3, de 1940.

RADIO E TELEVIZIONE — N.ºs 4 e 5, Jan. - Março de 1940.

REVISTA DEL CATASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI — N.º 1, Jan.-Fev. de 1940.

SUÉCIA

ASEA-REVUE — N.º 2, Março de 1940.

ASEA JOURNAL — N.º 2, Fev. de 1940.

SUÍÇA

REVUE BROWN BOVERI —

SULZER —

VENEZUELA

REVISTA TÉCNICA —

Milhões de vidas humanas salvas por um sábio

Durante séculos, o homem lutou debalde contra o paludismo. O espírito humano imaginou milhares de processos com o fim de pôr fora desta terra a temível doença, mas no fim do século passado o modo como era transmitido o sezonismo, ainda constituía um enigma. Assim foi até o dia em que Ronald Ross, médico militar do exército inglês da Índia, descobriu em 20 de Agôsto de 1897, após pesquisas pertinazes, os parasitas do paludismo no estômago dum mosquito.

O feliz sábio declarou, numa carta, que estava completamente esgotado em seguida ao seu trabalho encarniçado, e quási cego à fôrça de observar no microscópio; eis o que acabava de fazer: «No decorrer de uma geração, há, ao máximo, um ou dois homens vivendo tais momentos. A alegria que se sente a respeito de uma tal descoberta é muito maior do que os triunfos do orador, do homem de Estado ou do conquistador. O fim atingido, com efeito não consiste numa vantagem adquirida, mas num benefício em proveito da humanidade e não só para o momento presente como também para todo o futuro».

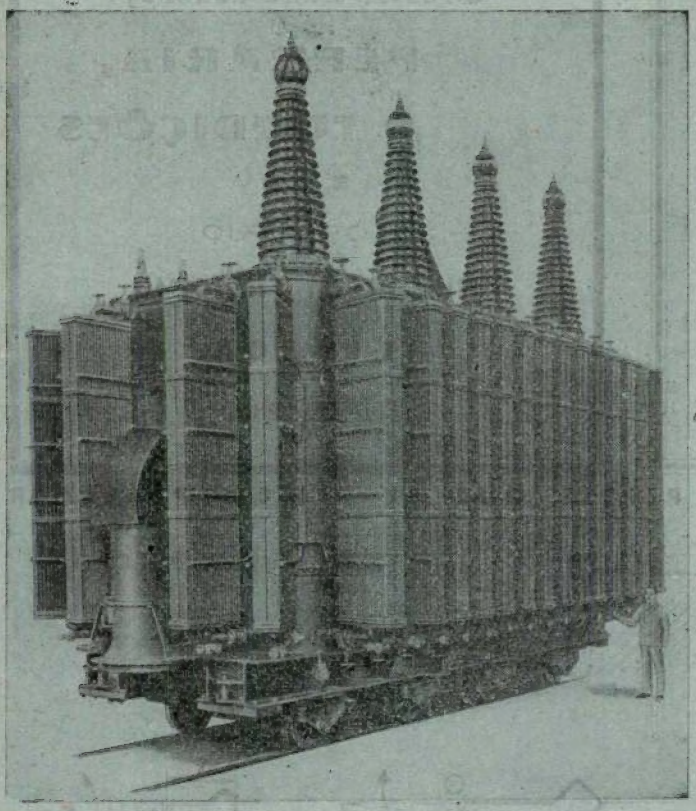
Dora em diante, as pessoas que lutavam contra o paludismo já não tinham de trabalhar nas trevas e, com efeito, verificou-se que a descoberta do dia 20 de Agôsto de 1897 constituía um dos maiores benefícios para a humanidade. Guiado pela descoberta de Sir Ronald Ross e armado dêsse remédio natural que é a quinina, continuou-se com coragem a luta contra o inimigo, agora desmascarado.

Dado que o paludismo não se acha limitado a uma região determinada mas constitui um problema mundial, a Sociedade das Nações instalou uma Comissão encarregada de estudar o assunto. Na base da experiência adquirida e das pesquisas encetadas, aquela Comissão de Paludismo tem recomendado, nestes últimos anos, o tratamento de curta duração pela quinina. Receita com efeito que se tome a título preventivo, durante a estação das febres 400 miligramas de quinina por dia e, para o tratamento pròpriamente dito da doença, uma dose de 1 grama a 1 grama e 30 centigramas de quinina por dia durante 5 a 7 dias. No seu relatório (edição em língua inglêsa) publicado em 1938, a referida Comissão de Paludismo acentua, a páginas 125, que, entre os medicamentos antipalúdicos, a quinina ainda tem o primeiro lugar na prática corrente em virtude da sua eficácia clínica e da sua toxicidade quási nula, assim como pelo conhecimento muito espalhado do seu uso e da sua posologia.

A memória dêsse graude sábio inglês merece ser consideràvelmente respeitada, tanto pelas gerações actuais como pelas gerações futuras, pois a notável descoberta que fêz naquêle dia de Agôsto do ano de 1897, já tem salvo milhões de vidas humanas.

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Transformador trifásico Alsthom—40.000 kVA, 228.700/8.800 volts

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas. Tracção eléctrica. Máquinas para soldadura eléctrica. Automotoras Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Máquinas frigoríficas. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc.

THOMSON
GENERAL ELECTRIC
Portuguesa, L.da

LISBOA
Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42

Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:

GALERIA DE PARIS, 42

TELEFONE **2254**

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

SERRALHARIAS,

CALDEIRARIA,

FERRARIA,

FUNDIÇÕES

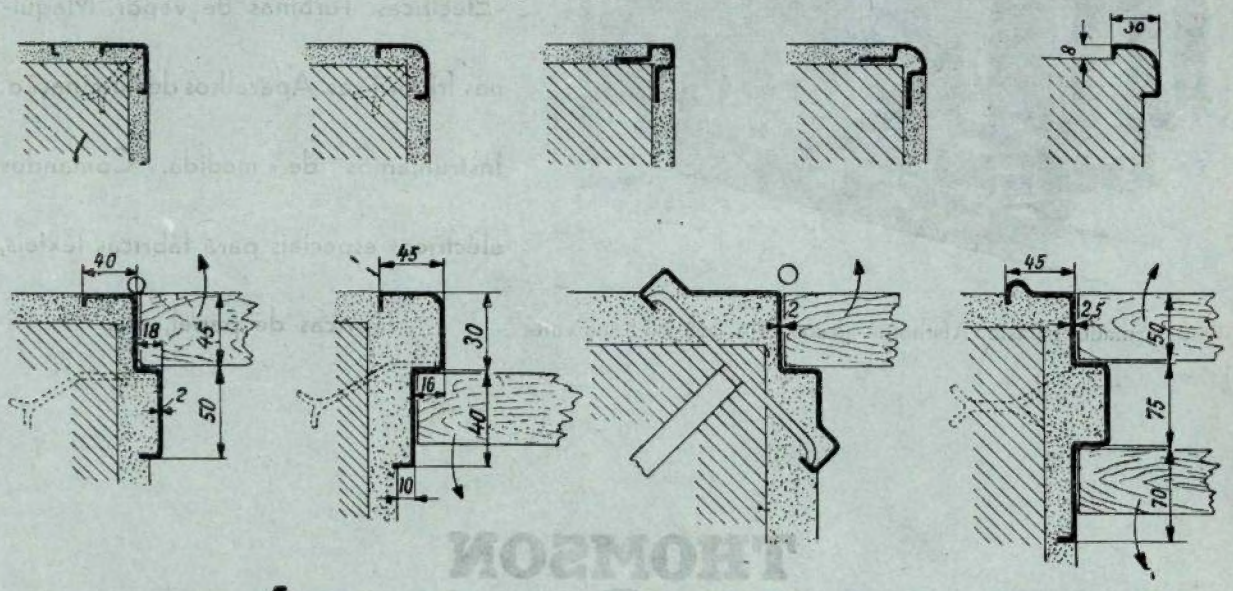
ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

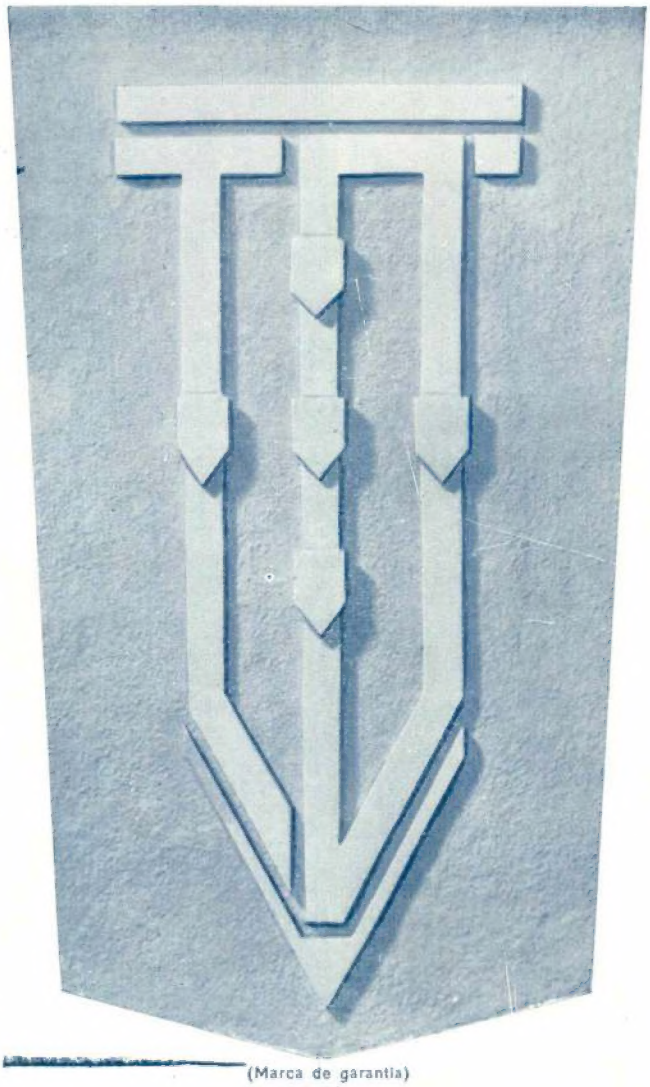
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.º E 4.º

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

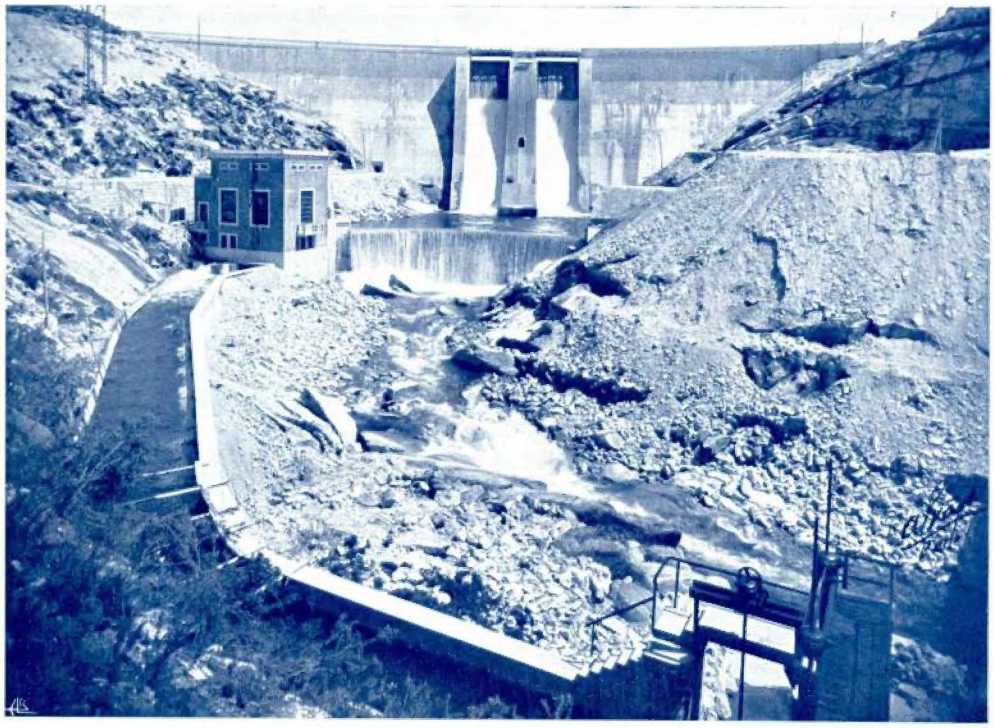
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.